

Il confine fra mini stelle e nane brune

STARE, i primi vigili spaziali



- Il mistero di Pinnacle Island
- Giganti blu, ecco perché esistono
- La prima "Terra" in transito
- NuSTAR stringe la "Mano di Dio"

NortheK

Instruments - Composites - Optics

NortheK Dall Kirkham

350 mm f/20

ostruzione 23%

ottica in Supremax 33 di Schott

Struttura in carbonio - Cella a 18 punti flottanti
Messa a fuoco motorizzata da 2,5" Feather Touch
Sistema di ventilazione e aspirazione dello strato limite
Peso 34 kg.

Disponibile anche nelle versioni:
Newton f/4.1 con correttore da 3"
Ritchey Chrétien con correttore/riduttore f/9
Cassegrain Classico f/15

per tutte le informazioni su questo
telescopio e sulla nostra intera
produzione di strumenti per
astronomia, visita il nostro
sito www.northeK.it oppure
contattaci: info@northeK.it

 **01599521**

website





Direttore Responsabile
Michele Ferrara

Consulente Scientifico
Prof. Enrico Maria Corsini

Editore
Astro Publishing di Pirlo L.
Via Bonomelli, 106 - 25049 Iseo - BS
email admin@astropublishing.com

Distribuzione
Gratuita a mezzo Internet

Internet Service Provider
Aruba S.p.A.
Loc. Palazzetto, 4 - 52011 Bibbiena - AR

Registrazione
Tribunale di Brescia
numero di registro 51 del 19/11/2008

Copyright
I diritti di proprietà intellettuale di tutti i testi, le immagini e altri materiali contenuti nella rivista sono di proprietà dell'editore o sono inclusi con il permesso del relativo proprietario. Non è consentita la riproduzione di nessuna parte della rivista, sotto nessuna forma, senza l'autorizzazione scritta dell'editore. L'editore si rende disponibile con gli aventi diritto per eventuale materiale non identificato.

The publisher makes available itself
with having rights for possible not
characterized iconographic sources.

Pubblicità - Advertising
Astro Publishing di Pirlo L.
Via Bonomelli, 106 - 25049 Iseo - BS
email info@astropublishing.com

S O M M A R I O

Il confine fra mini stelle e nane brune

Dopo oltre un ventennio di ipotesi e incertezze è finalmente stato individuato il sottile confine che separa le stelle vere e proprie dalle cosiddette stelle mancante, le nane brune. Per la prima volta il problema è stato affrontato non sulla base di modelli matematici ma attraverso l'osservazione diretta di...

a pagina 4

STARE, i primi vigili spaziali

18 satelliti, grandi come 3 cubi di Rubik messi in fila e così leggeri da poter essere alzati da un bambino, avranno il compito di regolare il traffico orbitale, prevenendo scontri fra satelliti e danneggiamenti provocati dalla spazzatura spaziale. I primi due apripista sono già in orbita, mentre un terzo esemplare ha...

a pagina 12

NuSTAR stringe la "Mano di Dio"

Una gigantesca e inquietante mano sospesa nel vuoto cosmico non è solo una scena vista in un episodio di Star Trek. Esiste infatti una nebulosa che ha quella forma e che recentemente è stata osservata nei raggi X con un telescopio spaziale specializzato nelle alte energie.

a pagina 18

La prima "Terra" in transito

Alcuni lavori presentati al recente meeting dell'American Astronomical Society hanno aggiunto importanti dettagli al quadro che descrive l'esistenza di pianeti con taglie comprese fra quelle della Terra e di Nettuno. Tra i risultati, il calcolo della massa di un pianeta che pesa come il nostro e transita...

a pagina 22

Giganti blu, ecco perché esistono

La quasi totalità delle stelle della Via Lattea sono nane, a volte un po' più grandi ma spesso più piccole del Sole. Poche altre stelle raggiungono invece dimensioni spaventose, accumulando da 10 a oltre 100 masse solari. Il motivo di tanta differenza è legato alla presenza nelle nubi protostellari di campi...

a pagina 30

Il mistero di Pinnacle Island

Due immagini della superficie marziana prese dal rover Opportunity a 13 giorni di distanza una dall'altra hanno lasciato a bocca aperta i tecnici del Mars Exploration Rover Mission: sulla più recente delle due c'è una roccia di dimensioni non trascurabili che sulla prima immagine non c'era. Come è finita lì?

a pagina 36

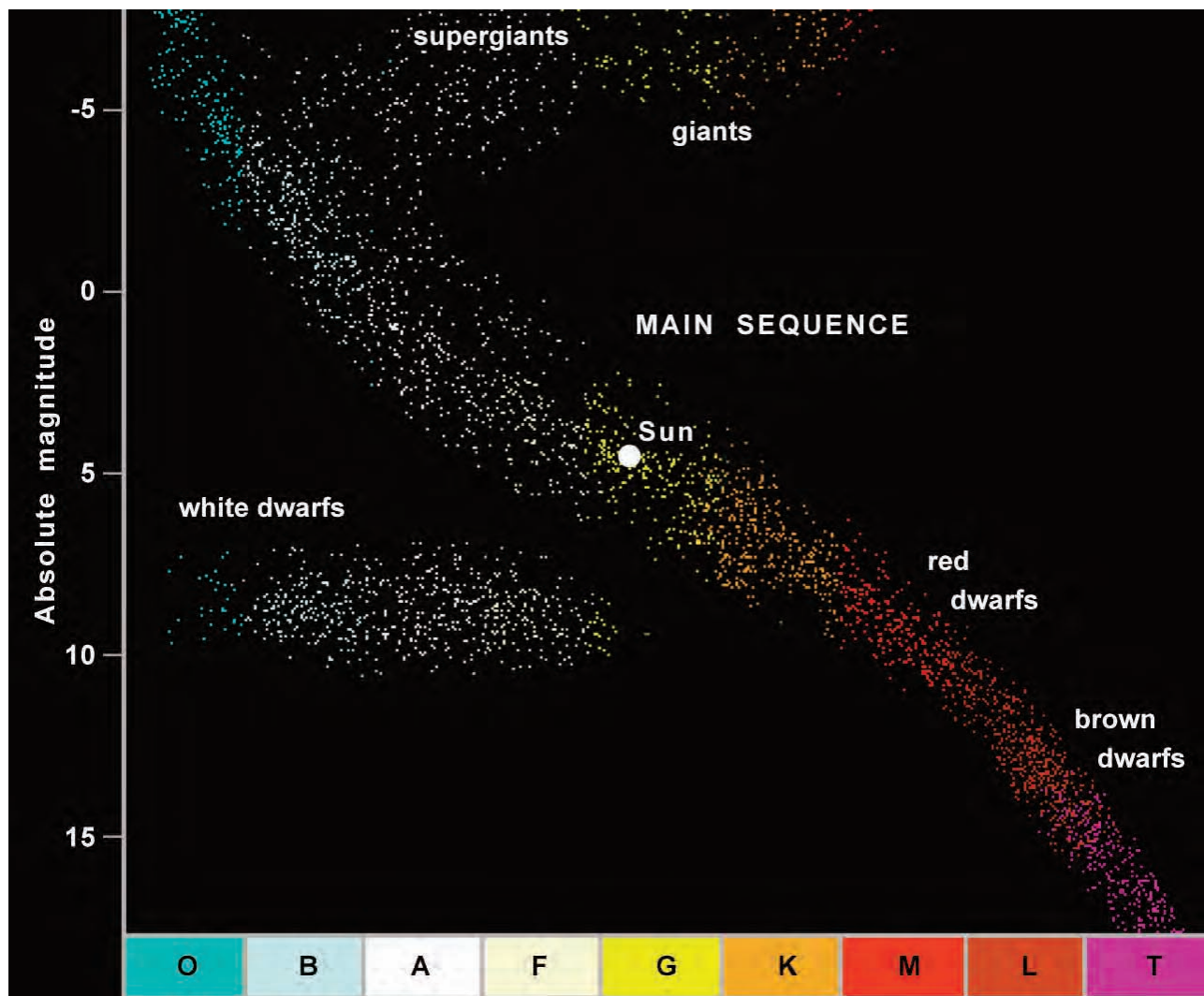


Il confine fra mini stelle e nane brune

La scoperta dei confini di temperatura, raggio, e luminosità fra le più piccole stelle esistenti e le nane brune ha confermato che il diametro di queste ultime supera quello delle prime. [ESO]

Dopo oltre un ventennio di ipotesi e incertezze è finalmente stato individuato il sottile confine che separa le stelle vere e proprie dalle cosiddette stelle mancante, le nane brune. Per la prima volta il problema è stato affrontato non sulla base di modelli matematici ma attraverso l'osservazione diretta di un campione significativo di oggetti molto vicini a quel confine.

Quali sono i limiti di temperatura, raggio e luminosità al di sotto dei quali una stella non può più essere considerata tale? A questa fondamentale domanda, i teorici hanno tentato di dare una risposta precisa sin dai primi anni '90, costruendo modelli sull'evoluzione e sulla struttura stellare che avrebbero dovuto consentire l'individuazione della minima massa possibile per le stelle di sequenza principale. Con "sequenza principale" si intende sostanzialmente quel lungo periodo di stabilità nella vita delle stelle durante il quale gravità e processi termonucleari garantiscono un equilibrio complessivo della struttura stellare. La sequenza principale è la regione più densamente popolata del celebre diagramma di Hertzsprung-Russell e nel suo punto più basso si collocano quelle stelle la cui massa è appena sufficiente a innescare la fusione dell'idrogeno. Il problema sta nel collocare con precisione quel punto.



Secondo i modelli evolutivi degli anni '90, ancora oggi ampiamente accettati (almeno nel loro impianto generale), la minima massa possibile per una stella dovrebbe essere situata da qualche parte fra $0,070 M_{\odot}$ e $0,077 M_{\odot}$ ($M_{\odot}$ = masse solari). Al di sotto di quel limite inizia il dominio degli oggetti substellari, ovvero delle nane brune.

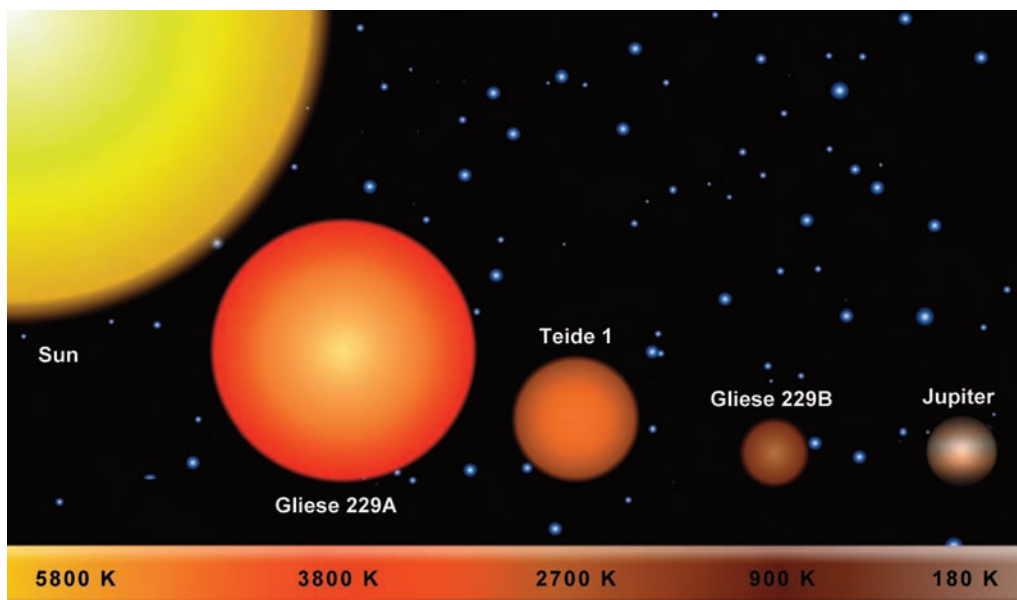
A prima vista sembrerebbe facile distinguere le stelle dalle nane brune sulla base delle loro caratteristiche macroscopiche e attraverso l'analisi spettrale, ma non è così. Per quanto diversa sia la fisica interna di quelle due categorie di oggetti celesti, le loro proprietà atmosferiche si sovrappongono in un

range spettrale che include i tipi M più avanzati e i primi tipi L.

Per restringere il margine di incertezza, ancora negli anni '90 si ricorreva al test del litio. Questo elemento chimico va incontro a reazioni termonucleari a temperature che sono leggermente inferiori a quelle dell'idrogeno, e pertanto in una stella è presente in quantità molto scarse (quando non è del tutto assente), mentre in una nana bruna la sua abbondanza può essere paragonabile a quella primigenia. Rilevare una non trascurabile presenza di litio in un oggetto di massa intermedia potrebbe dunque essere decisivo alla comprensione della reale

Il diagramma di Hertzsprung-Russell è dominato dalla sequenza principale, che ospita le stelle per tutto il tempo in cui la produzione di energia nel nucleo è in equilibrio con la forza gravitazionale. Il confine fra stelle e nane brune è nel tipo spettrale L.

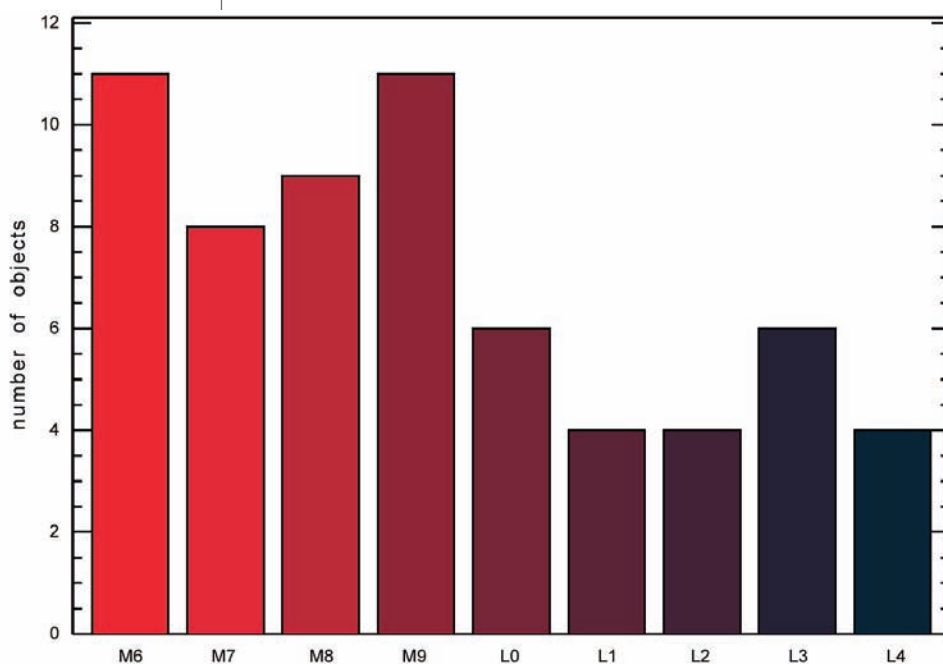
Confronto in scala fra oggetti di diverse dimensioni e natura. Al disotto della temperatura di 2075 kelvin possono esistere solo nane brune e pianeti giganti. La stella più vicina a quel confine oggi conosciuta è 2MASS J0523-1403. Sotto, la distribuzione degli oggetti studiati dal team di Sergio Dieterich, in base al numero e al tipo spettrale. Il confine fra oggetti stellari e oggetti substellari si trova fra L2 e L3. [S. Dieterich et al.]



natura di quell'oggetto. Peccato però che quel test si dimostra veramente efficace solo per masse non superiori a $0,060 M_{\odot}$, il che lo rende praticamente inutile quando si tratta di stabilire il confine fra oggetti stellari e oggetti substellari.

Il quadro sembra meglio delinearsi nei primi anni 2000, con la costruzione di nuovi

modelli evolutivi, specificamente dedicati alle stelle di piccola massa e alle nane brune. Grazie ad essi i teorici potevano predire che il punto più basso della sequenza principale corrispondeva approssimativamente a stelle di tipo spettrale L4, con temperature superficiali comprese fra 1550 kelvin e 1750 kelvin. Sebbene quei modelli

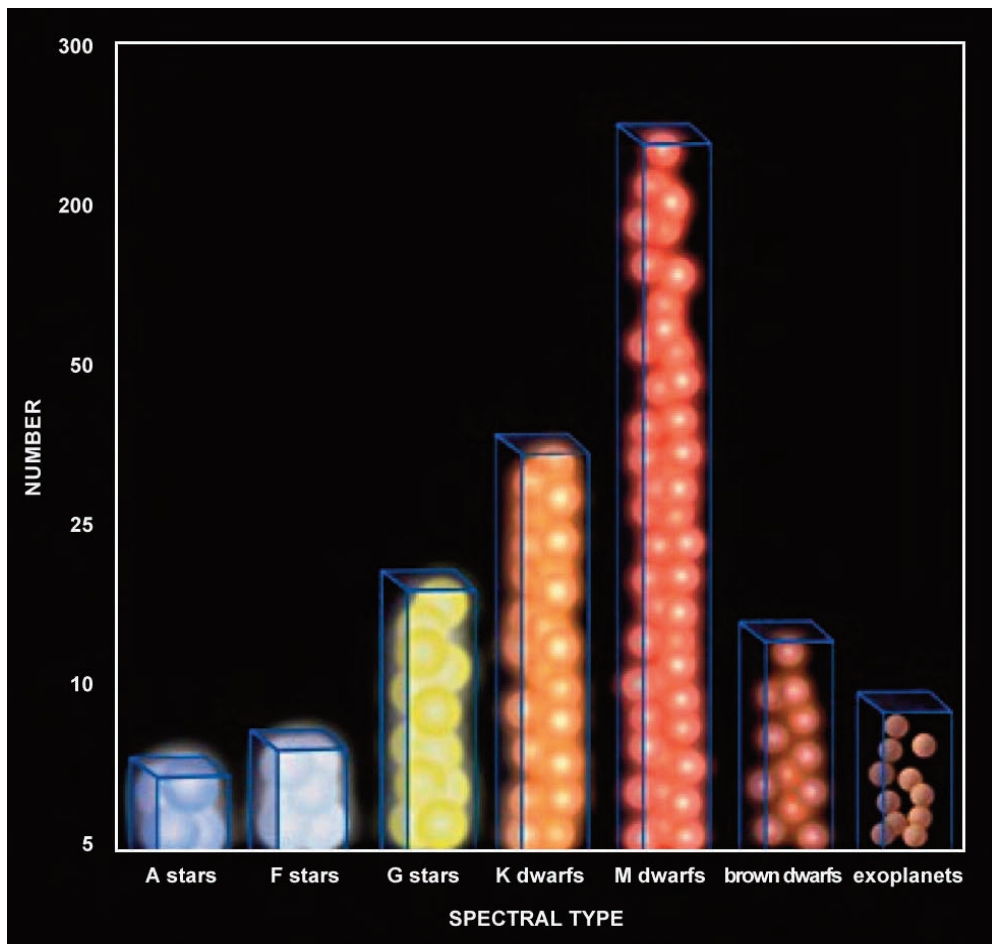


abbiano raggiunto una certa popolarità fra gli addetti ai lavori, si sono dimostrati inconsistenti quando si è trattato di andare a determinare le proprietà fisiche della più piccola stella possibile. Nemmeno le poche modifiche apportate nell'ultimo decennio li hanno resi pienamente soddisfacenti, e ciò anche perché forniscono previsioni che non sono riscontrabili. Per capire se uno di quei modelli funziona appieno è necessario conoscere quanto meno massa, età e metallicità dei corpi celesti che popolano in confine fra stelle e substelle. Ma queste sono le proprietà che i ricercatori vorrebbero ricavare da quegli stessi modelli. Tanto vale,

a quel punto, tentare misurazioni dirette, saltando gli scenari virtuali. La situazione è diventata ancora più incerta quando, pochi anni fa, gli astrofisici si sono resi conto che le abbondanze degli elementi chimici contenuti nel Sole (soprattutto carbonio, azoto, ossigeno, neon e argon) andavano riviste sensibilmente al ribasso, addirittura di percentuali a due cifre. Questo perché altrimenti non ci sarebbe stata corrispondenza con i risultati sulle abbondanze forniti da accurate ricerche basate sull'eliosismologia. Dal momento che il Sole è la stella campione per i modelli che interpretano l'evoluzione stellare, se la caratterizzazione chimica di quel campione è errata, lo saranno anche tutte quelle previsioni in cui le abbondanze degli elementi chimici sono

un fattore cruciale. A questo problema sono particolarmente sensibili gli oggetti sul confine fra stelle e nane brune, dove anche una variazione della metallicità, oltre che della massa, può comportare profondi cambiamenti nei processi fisici che avvengono al loro interno. Pertanto, nessun attuale modello è in grado di prevedere al raggiungimento di quali parametri minimi una potenziale nana bruna diventa invece una stella.

Ben consapevoli di questa situazione, alcuni astronomi coordinati da Sergio Dieterich (Georgia State University, Atlanta) hanno deciso di scoprire dove si trova quel confine facendo affidamento sulle osservazioni dirette, anziché sulle previsioni teoriche. Il team ha sviluppato il proprio programma di ricerca partendo da una considerazione



molto interessante: se una nana bruna è incapace di raggiungere uno stato di equilibrio attraverso la fusione nucleare sostenibile (nel qual caso diverrebbe una stella), il suo collasso sarà arrestato da una forza diversa, denominata "pressione degli elettroni degeneri", che domina l'ambiente quando il gas raggiunge densità elevate ma a temperature relativamente basse.

Questa pressione viene facilmente vinta se l'oggetto accumula massa sufficiente a raggiungere la fusione dell'idrogeno, ma quando ciò non avviene la pressione di cui sopra produce uno scenario molto particolare che fornisce la chiave per risolvere la questione: quanto più elevata è la massa della nana bruna, tanto più piccolo sarà il suo raggio. È l'esatto opposto di ciò che accade nelle stelle vere e proprie, dove un aumento di

Le abbondanze di stelle in base al tipo spettrale, entro 32 anni luce dalla Terra. Si nota una netta caduta nel numero passando dalle nane rosse di tipo M alle nane brune, quasi certamente dovuta alla maggiore difficoltà di scoprire oggetti substellari. [ASA/ESA/A.Feild (STScI)/T. Henry (Georgia State University)]

Il diagramma in basso mostra la relazione fra dimensioni (comparate a quelle del Sole) e temperatura (in kelvin) per stelle e nane brune. Come gli astronomi già sospettavano da tempo, esiste un'evidente lacuna fra dove le stelle finiscono e dove iniziano le nane brune.
[P. Marenfeld & NOAO/AURA/NSF]

massa corrisponde sempre a un aumento delle dimensioni.

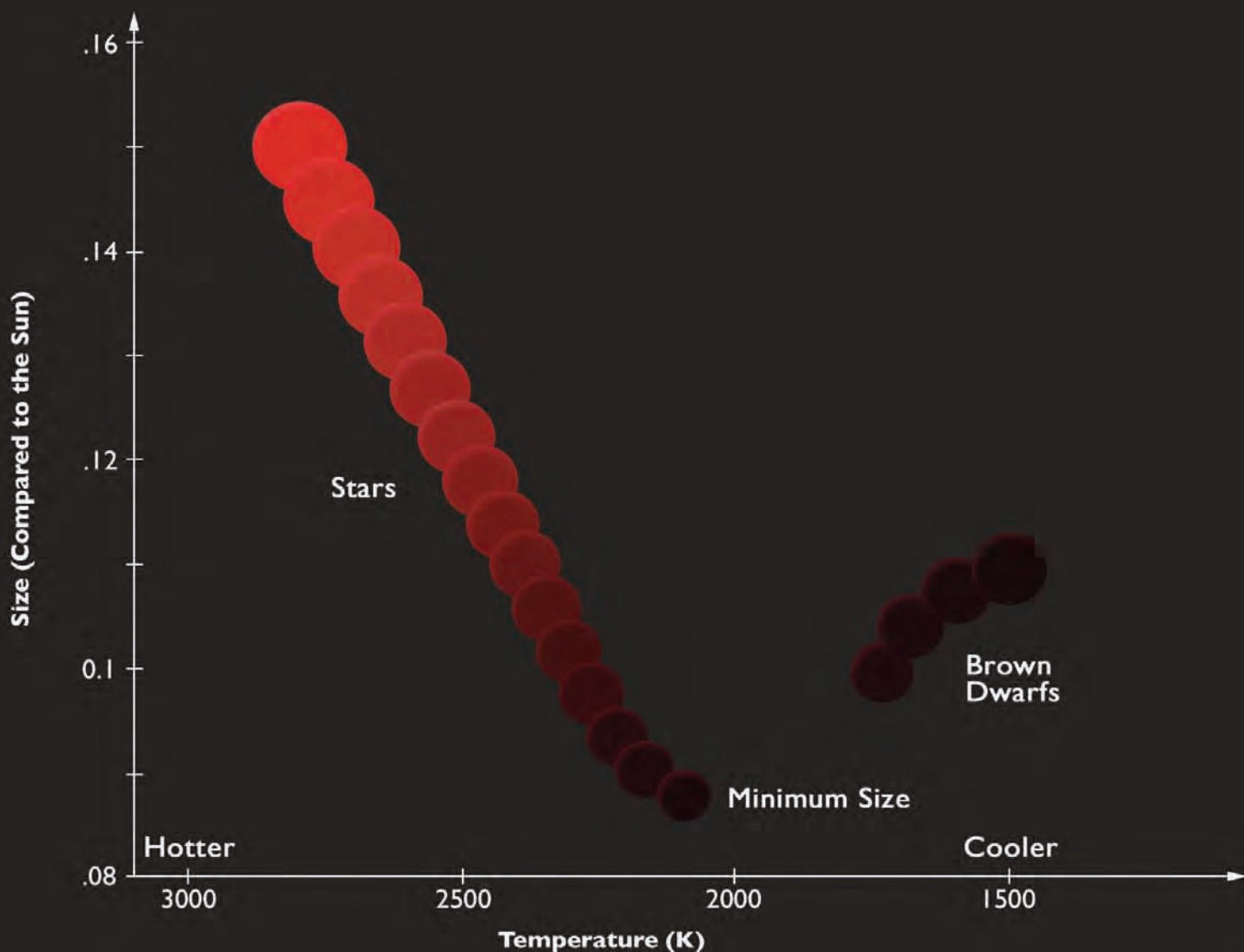
Poiché i raggi delle stelle e delle nane brune sono correlati alla loro luminosità e alla loro temperatura superficiale, il suddetto comportamento antitetico permette di distinguere le une dalle altre osservando la distribuzione dei rapporti raggio/luminosità e raggio/temperatura. Dove i raggi sono simili saranno gli altri due parametri a fare la differenza e viceversa.

Il problema a questo punto è riuscire a caratterizzare con sufficiente precisione, attraverso l'osservazione diretta, un significativo numero di oggetti, cosa non facile dal momento che le stelle più vicine al confine che le separa dalle nane brune sono straordinariamente deboli, tanto che anche

le più luminose di esse producono solo qualche centesimo della luce solare. Inoltre, avendo quelle stelle un'atmosfera relativamente fredda, vi si formano numerosi tipi di molecole, il che rende difficoltosa l'interpretazione degli spettri.

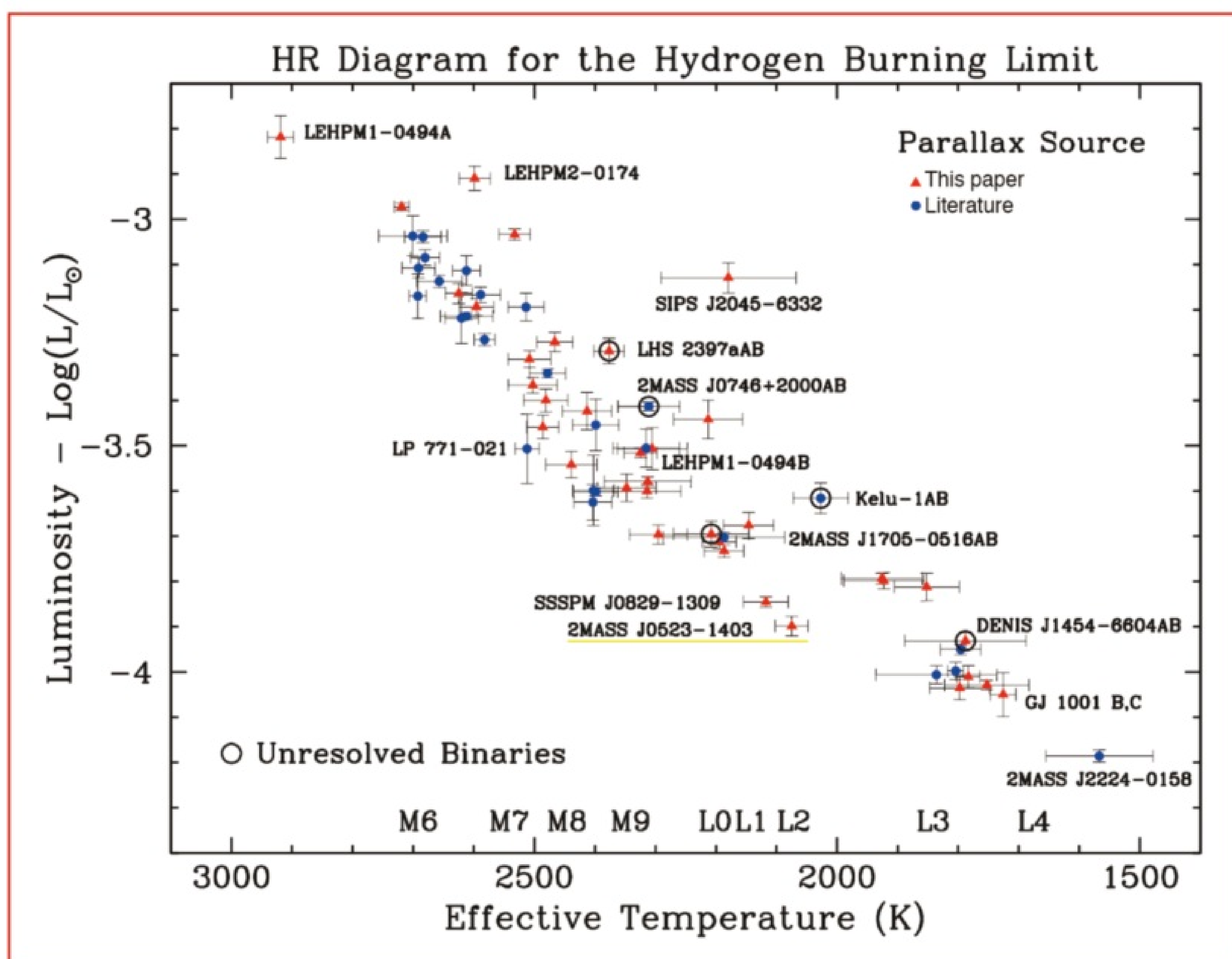
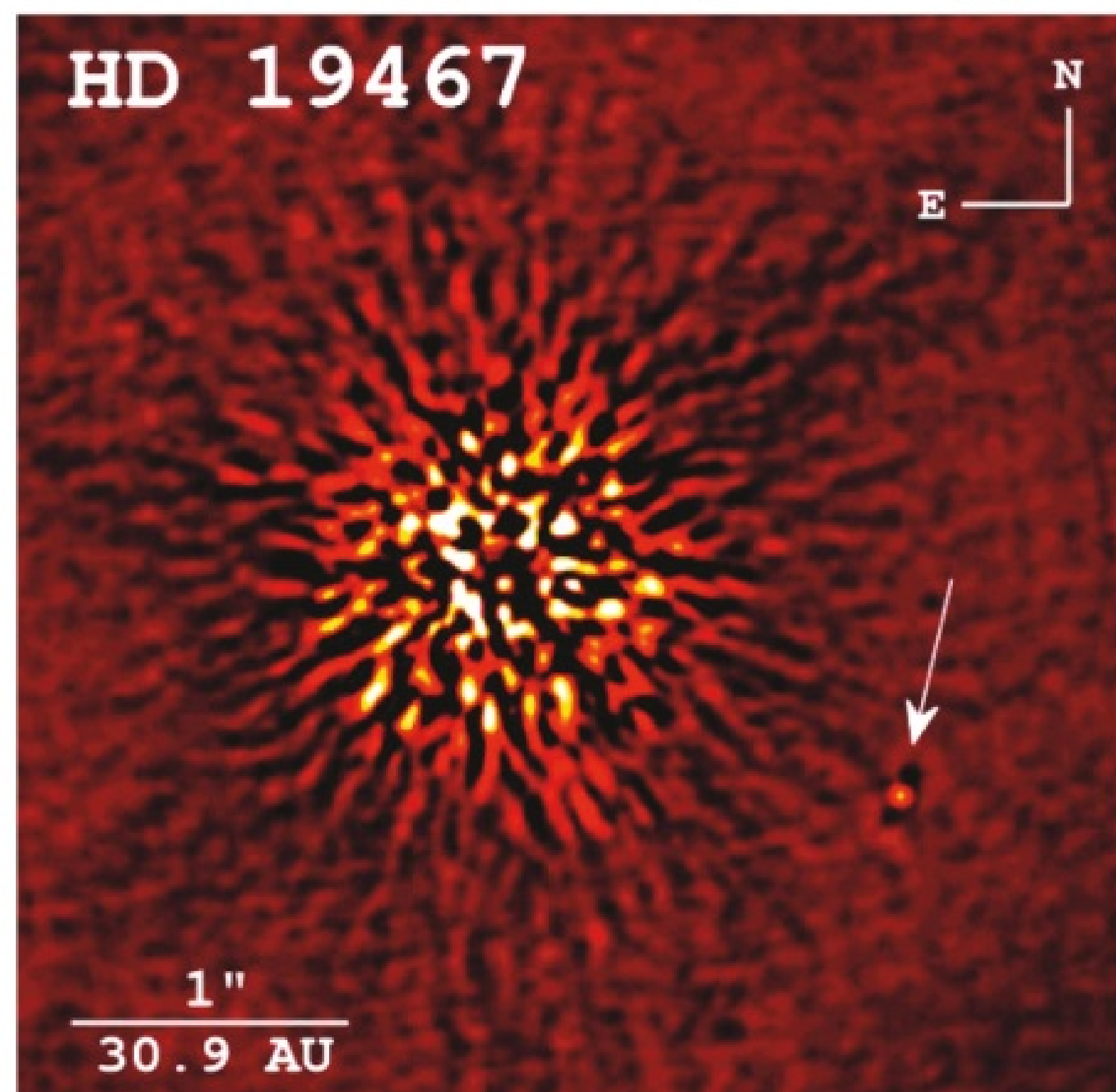
Per risolvere una volta per tutte l'annosa questione, il team di Dieterich ha esaminato le proprietà fotometriche e spettroscopiche di 63 oggetti appartenenti a tipi spettrali compresi fra M6V e L4, calcolando per 37 di essi nuove e più precise parallassi trigonometriche (le rimanenti sono state prese pari pari dalla letteratura già esistente).

I dati fotometrici, relativi a vari colori (frequenze) del visibile e dell'infrarosso, e i valori delle parallassi, indicativi delle distanze,



sono stati poi combinati con quelli raccolti dalle survey 2MASS e WISE, ed elaborati per mezzo di un nuovo algoritmo che fornisce per ogni oggetto la temperatura effettiva, la luminosità bolometrica (equivalente al totale dell'energia emessa) e soprattutto il raggio. Per testare la validità della metodologia, Dietrich e colleghi hanno comparato alcuni raggi da loro calcolati con quelli misurati direttamente col metodo dell'interferometria ottica su lunga base, e la comparazione ha dato risultati molto favorevoli.

Dall'elaborazione dei valori raccolti per i 63 oggetti indagati, i ricercatori hanno potuto constatare che la fine della sequenza principale delle stelle, ovvero l'inizio della sequenza delle nane brune, si colloca a una temperatura effettiva di 2075 kelvin, a una luminosità bolometrica 8000 volte inferiore a quella del Sole e ad un raggio di 0,086 raggi solari (le dimensioni di Saturno). La differenza rispetto ai valori forniti dagli ormai datati modelli è netta e conferma la parziale inconsistenza di questi ultimi. Aver stabilito con una precisione senza precedenti dove termina il dominio delle nane brune e dove inizia quello delle stelle non è importante solo ai fini della comprensione dell'evoluzione di quelle categorie di oggetti



celesti. La scoperta ha sicuramente ripercussioni anche in altri ambiti della ricerca, primo fra tutti quello dei pianeti extrasolari potenzialmente abitabili. Le stelle di piccola massa sono infatti un target attraente per chi cerca pianeti, e questo perché scoprirli attorno ad esse è più agevole dello scoprirli attorno a stelle di taglia maggiore. I pianeti legati a stelle di piccola massa hanno infatti orbite molto più piccole e quindi possono transitare frequentemente sui dischi stellari, o comunque possono influire più pesantemente sulle velocità radiali delle loro stelle. Inoltre le stelle più piccole vivono per tempi praticamente eterni e possono garantire una lunghissima stabilità in termini energetici. Ma se invece di essere stelle sono nane brune, l'output energetico è tutt'altro che stabile, dal momento che in mancanza di reazioni termonucleari il loro destino è quello di raffreddarsi inesorabilmente, in tempi astronomicamente nemmeno troppo lunghi. I cacciatori di mondi abitabili potranno d'ora innanzi utilizzare i dati forniti dal team di Dietrich per stanare tutte quelle nane brune che mascherandosi da piccole stelle possono distrarre l'attenzione da target più promettenti. ■

Questo diagramma di Hertzsprung-Russell, limitato a oggetti dei tipi spettrali M e L, mostra la posizione della più piccola stella conosciuta, 2MASS J0523-1403. Tutti gli oggetti con temperatura e luminosità inferiori sono sicuramente nane brune. [S. Dieterich et al.] A sinistra, una rara e recentissima immagine di una nana bruna (indicata dalla freccia), scoperta in orbita attorno alla stella HD 19467. [Keck Observatory, Justin R. Crepp et al.]



montature equatoriali di alta qualità, adattabili a qualsiasi motorizzazione, costruite in alluminio da barra, bronzo e acciaio inox
niente materiali ferrosi e plastici, lunga durata, garanzia di 5 anni, ogni esemplare ha il certificato dell'errore periodico controllato in laboratorio

Bellincioni presenta il suo **Modello B230**, il più piccolo della serie di montature ad alta precisione pensate e realizzate per soddisfare appieno anche gli astrofili più esigenti

CARATTERISTICHE TECNICHE PRINCIPALI:

- Ingranaggio A.R. Z=240 D122 mm in bronzo B14 con cerchio graduato D134, divisione 5'
- Ingranaggio Dec. Z=190 D97 mm in bronzo B14 con cerchio graduato D109, divisione 2°
- Viti senza fine in acciaio inox rettificata D16 mm
- Alberi in acciaio inox con cuscinetti a rulli conici di alta precisione foro 32 mm
- Contrappesi acciaio inox
- Barra contrappesi acciaio inox D25 mm piena
- Base per slitta D100
- Portata di lavoro 15 kg
- Regolazione latitudine da 0° a 70°
- Regolazione azimut 20°
- Peso 12 kg senza contrappesi

Officina Meccanica Bellincioni
Via Gramsci 161/B
13876 Sandigliano (BI)
tel. 015691553
e-mail info@bellincioni.com
www.bellincioni.com



STARE, i pr vigili spazi

18 satelliti, grandi come 3 cubi di Rubik messi in fila e così leggeri da poter essere alzati da un bambino, avranno il compito di regolare il traffico orbitale, prevenendo scontri fra satelliti e danneggiamenti provocati dalla spazzatura spaziale. I primi due apripista sono già in orbita, mentre un terzo esemplare ha compiuto i suoi primi test dal suolo. È il primo, concreto tentativo per rendere più sicure le attività umane al di sopra dell'atmosfera terrestre.

imi ali

Sullo sfondo, rendering di ciò che resta dopo uno scontro fra satelliti. Ogni detrito diventa un proiettile potenzialmente dannoso per gli altri satelliti. È sufficiente un frammento grande come una bilia per creare problemi rilevanti. Basta molto meno per mettere a rischio la vita degli astronauti. [Space Junk3D, LLC]

In basso, un video promozionale sull'attività svolta da Space Fence, parte integrante dello Space Surveillance System, che recentemente ha subito una pesante riorganizzazione, a causa della decisione dell'US Air Force di non rinnovare i contratti con i partners civili. [Lockheed Martin]

Ricercatori e tecnici del Lawrence Livermore National Laboratory, fra i quali Lance Simms e Vincent Riot, sono riusciti a rendere più sicura l'orbita di un satellite militare, il NORAD 27006, apportando delle correzioni che gli impediranno di avvicinarsi pericolosamente a un detrito spaziale. Nulla di particolare, se non fosse che le immagini e i dati necessari al calcolo delle correzioni sono stati forniti dalla strumentazione di un altro satellite, che attualmente non è ancora in orbita.

La curiosa performance rientra in un progetto denominato STARE, da Space-Based Telescopes for Actionable Refinement of Ephemeris, che consiste in una costellazione di nanosatelliti, il cui compito è quello di "regolare il traffico" nella bassa orbita terrestre (da 160 a 2000 km di altezza), per evitare che avvengano scontri fra due satelliti oppure impatti di detriti spaziali contro satelliti. Eventi di questo tipo possono sembrare estremamente improbabili, data l'immensità dello spazio orbitale, ma invece si stima che ogni satellite rischi in media almeno uno scontro rovinoso nella propria vita operativa. È inoltre certo che nell'ultimo trentennio quasi una decina di satelliti sono stati più o meno danneggiati da collisioni imprevedibili. L'episodio più clamoroso fu quello del 10 febbraio 2009, che coinvolse in un scontro distruttivo un satellite americano ancora operativo, l'Iridium 33, e un satellite russo fuori servizio, il Kosmos 2251. L'incidente avvenne a 789 km di altezza, sulla Siberia, a una velocità complessiva di quasi 12 km/s, e come si può immaginare il risultato fu una nube di migliaia



di frammenti che disponendosi su orbite simili a quelle originarie sono andati a incrementare la cosiddetta "spazzatura spaziale". Con questo termine si intende quell'insieme di oggetti artificiali che orbitano attorno alla Terra senza essere di alcuna utilità, quindi satelliti fuori uso, stadi di razzi vettori, frammenti di satelliti prodotti da collisioni, attrezzature abbandonate o perse dagli astronauti e così via. Il NASA Orbital Debris Program Office stima che vi siano in orbita circumterrestre oltre mezzo milione di detriti con diametro superiore a 1 cm e che almeno 20000 di essi abbiano dimensioni superiori ai 5 cm, tutti potenzialmente pericolosi per quel migliaio di satelliti attualmente operativi e costretti a muoversi in buona parte all'interno di quella nube di spazzatura.



Una delle istituzioni che si occupa di tenere monitorata questa preoccupante situazione è lo Space Surveillance Network (SSN), che attraverso una trentina di telescopi e radiotelescopi sparsi per il mondo osserva quotidianamente le decine di migliaia di oggetti più grandi, ricalcolandone continuamente l'orbita al fine di conoscere la loro posizione con una precisione sufficiente a far prevedere con giorni di anticipo possibili collisioni.

La necessità di tenere aggiornati i parametri orbitali deriva dal fatto che l'atmosfera terrestre non ha quel confine nettissimo che siamo abituati a vedere nelle fotografie. In realtà, anche se molto più rarefatta, si estende per parecchie altre centinaia di chilometri, inglobando quindi una gran quantità di spazzatura spaziale e di satelliti operativi, inclusa l'International Space Station. Poiché la densità del gas atmosferico a quelle quote varia in funzione dell'attività solare e di altri fattori che mutano imprevedibilmente, l'entità del frenamento che gli oggetti in orbita bassa subiscono è altrettanto imprevedibile, anche perché varia con la massa e la forma dell'oggetto, nonché con l'ampiezza della superficie esposta all'attrito, ampiezza che è ignota per i nu-

Gli sviluppatori del progetto STARE. Da sinistra a destra: Brian Bauman, Vincent Riot, Darrell Carter, Lance Simms e Wim De Vries. [J. Russell/LLNL] A sinistra, un cubesat formato da 3 unità, ciascuna di 10 cm di lato. [Lawrence Livermore National Laboratory]



Nel video qui a fianco vediamo una simulazione della distribuzione della spazzatura spaziale. L'anello più netto è formato dai satelliti geostazionari, mentre la massima concentrazione di detriti è presente nelle orbite più basse. [J.W. Tulp] Sotto, tecnici indaffarati ad assemblare un nanosatellite della costellazione STARE. [LLNL]

merosissimi detriti in rotazione caotica sull'asse. Indipendentemente da quanto ogni singolo fattore influisca sul moto orbitale, il risultato finale è invariabilmente il decadimento dell'orbita e quindi un'orbita ogni giorno sempre diversa, seppur di poco.

Nonostante l'impegno quotidiano dell'SSN nel ricalcolare quelle orbite, la posizione di ogni oggetto (satellite o detrito che sia) in ogni istante è nota con una precisione non particolarmente elevata, 1 km circa. Questa approssimazione si traduce in un'ampia incertezza nella previsione di futuri impatti, tanto che per ogni reale collisione attesa vengono collezionati circa 10000 falsi allarmi. I gestori dei satelliti operativi, informati della possibilità di un impatto imminente, sanno che c'è solo 1 probabilità su 10000 che quell'impatto avvenga davvero e quindi non fanno nulla per modificare la traiettoria dei satelliti stessi.



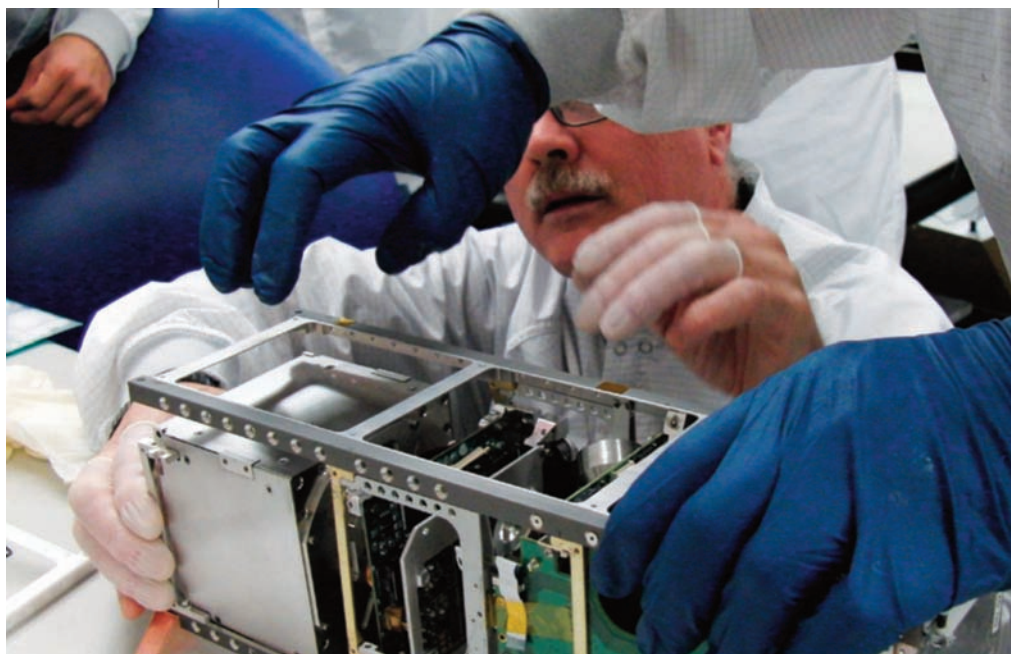
Cambiare l'orbita di un satellite significa consumare carburante e quel consumo imprevisto potrebbe finire con l'accorciare il periodo operativo previsto del satellite, con implicazioni commerciali certamente non desiderabili. È quindi preferibile correre un rischio quasi inesistente piuttosto che sprecare energia per muoversi di qualche chilometro.

In questo contesto si inserisce il progetto STARE, il cui obiettivo principale è quello di abbassare il margine di errore nella collocazione spaziale di satelliti e detriti da 1 km

ad appena 100 metri o anche meno.

Ciò ridurrà di due ordini di grandezza i falsi allarmi, cosicché la probabilità di impatto scenderà nelle successive 24 ore a 1 su 100, un rapporto sicuramente meno trascurabile da parte dei gestori di satelliti.

L'approccio di STARE al problema è concettualmente diverso da quello del SSN, perché invece di osservare satelliti e detriti dal suolo lo farà direttamente dallo spazio, utilizzando piccolissimi telescopi alloggiati assieme ad altro payload

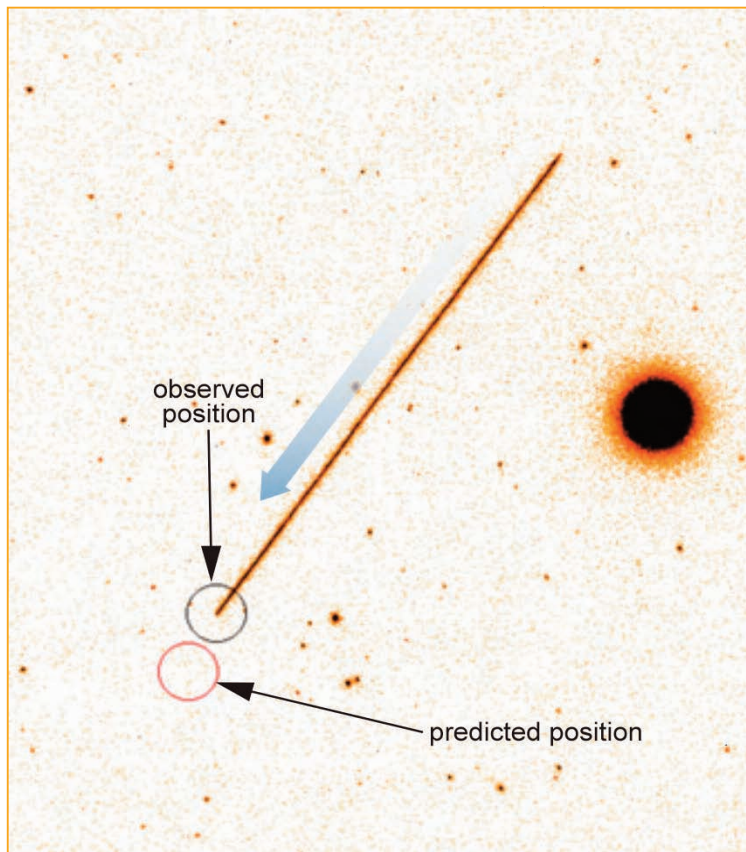


(sensori di ripresa, pannelli solari, batterie, radio, unità di controllo dell'assetto, etc.) in uno chassis grande quanto 3 cubi di Rubik messi uno sopra l'altro. Da questa unione di hardware (dotato di relativo software) prendono forma dei piccolissimi satelliti, detti anche nanosatelliti o cubesat, che hanno il grande vantaggio di pesare pochissimo (per definizione meno di 10 kg).

Questo permette loro di "scroccare un passaggio" verso l'orbita terrestre, fungendo da contrappeso per il bilanciamento di satelliti più grandi all'interno della stiva collocata in cima a un razzo vettore.

L'esiguo peso e il fatto di essere assemblati con parti hardware già presenti sul mercato li rende particolarmente economici ed è quindi possibile realizzarne parecchi per ogni progetto. Quelli di STARE saranno 18, due dei quali già realizzati, messi in orbita (il primo il 13 settembre 2012, il secondo il 20 novembre 2013) e sottoposti ad alcuni test di comunicazione e controllo dell'assetto. Un terzo nanosatellite sarà lanciato la prossima estate ed è quello utilizzato per il test di cui dicevamo all'inizio, grazie al quale la posizione del NORAD 27006 è stata prevista a 36 ore con una precisione di appena 50 metri.

Il vantaggio più macroscopico dei nanosatelliti di STARE rispetto alle stazioni dell'SSN è quello di operare 24 ore su 24 direttamente dall'interno della nube di spazzatura



spaziale e di poter riprendere lo stesso target più volte al giorno, mentre ogni telescopio a terra ha due finestre di appena 1-2

ore dopo il tramonto e prima dell'alba, entro la quale il cielo è abbastanza scuro e l'oggetto da osservare è abbastanza brillante (dopodiché o si immerge nel cono d'ombra proiettato dal nostro pianeta o svanisce nella luce del giorno).

Pur disponendo i nanosatelliti di STARE di telescopi di appena 85 mm di diametro e 225 mm di lunghezza focale, quando la costellazione sarà com-

Un esempio di come funziona STARE. La striscia è stata prodotta da uno stadio di un razzo rimasto in orbita dopo aver rilasciato un satellite. La sua posizione reale rispetto alle stelle di sfondo differisce da quella prevista ed è quindi necessario ricalcolare i parametri orbitali. [LLNL] A sinistra, uno dei numerosi casi di spazzatura spaziale precipitata al suolo. Qui siamo nel deserto dell'Arabia Saudita.



Un altro esempio di spazzatura spaziale prodotta dal lancio di satelliti. In questo caso la caduta è avvenuta nell'Africa del Sud non lontano da Città del Capo.

pletata produrrà i risultati che potrebbe produrre una rete di 48 stazioni al suolo, ma con una spesa di progettazione, realizzazione e gestione decisamente diversa.

Ogni nanosatellite è dotato di due camere da ripresa ad ampio campo. Una di esse è riservata all'orientamento basato sulla posizione delle stelle (e coadiuvato da un sistema GPS) e permette al nanosatellite di conoscere sempre la sua posizione nello spazio e le coordinate dei campi inquadrati. L'altra camera è invece adibita alla fotografia di satelliti e spazzatura, le cui immagini appaiono sotto forma di strisciata, poiché il tempo necessario a evidenziare le stelle di riferimento è superiore a quello richiesto dal target per lasciare traccia della sua presenza. Il grande campo delle camere da ripresa, $2^\circ \times 1,7^\circ$, consente di fotografare anche i target più veloci relativamente al nanosatellite e di avere incluse nei frame sia l'inizio che la fine di ogni traccia. Prima di



inviare le immagini verso il centro di controllo a terra, i minisatelliti sono persino in grado di pre-processarle, accorciando i tempi di calcolo delle orbite.

STARE è di fatto il primo, concreto tentativo di mettere ordine nel traffico spaziale, e i nanosatelliti della sua costellazione avranno un ruolo simile a quello dei vigili che regolano il traffico stradale. L'obiettivo principale è quello di evitare incidenti, ma un più accurato calcolo delle orbite della spazzatura spaziale sarà utile anche per fare previsioni sul futuro congestionamento dello spazio circumterrestre. Per un suo proficuo sfruttamento è importante non rag-

giungere la cosiddetta "densità critica", che è quella situazione in cui il ritmo di produzione di nuova spazzatura è più intenso del ritmo della sua rimozione attraverso la caduta e il bruciamento nell'atmosfera.

Un considerevole superamento della densità critica potrebbe comportare l'impossibilità di mettere in orbita nuovi satelliti, con ripercussioni facilmente immaginabili sulle attività umane. ■

Qui siamo invece nel Queensland, in Australia. È evidente come la spazzatura spaziale non sia un potenziale pericolo solo per i satelliti operativi, ma anche per gli esseri viventi del nostro pianeta.



NuSTAR strin- la “Mano di Dio

Una gigantesca e inquietante mano sospesa nel vuoto cosmico non è solo una scena vista in un episodio di Star Trek. Esiste infatti una nebulosa che ha quella forma e che recentemente è stata osservata nei raggi X con un telescopio spaziale specializzato nelle alte energie.

Una delle strutture nebulari più impressionanti della nostra galassia è sicuramente la cosiddetta “Mano di Dio”. Il riferimento alla divinità è come al solito esagerato, ma poiché essa viene collocata tradizionalmente in cielo, gli astronomi non hanno resistito alla tentazione di appioppare a questa nebulosa un nome così altisonante. Che abbia le sembianze di una mano protesa a ghermire un altro oggetto nebulare non c'è alcun dubbio. A differenza di numerosi altri casi, qui non serve

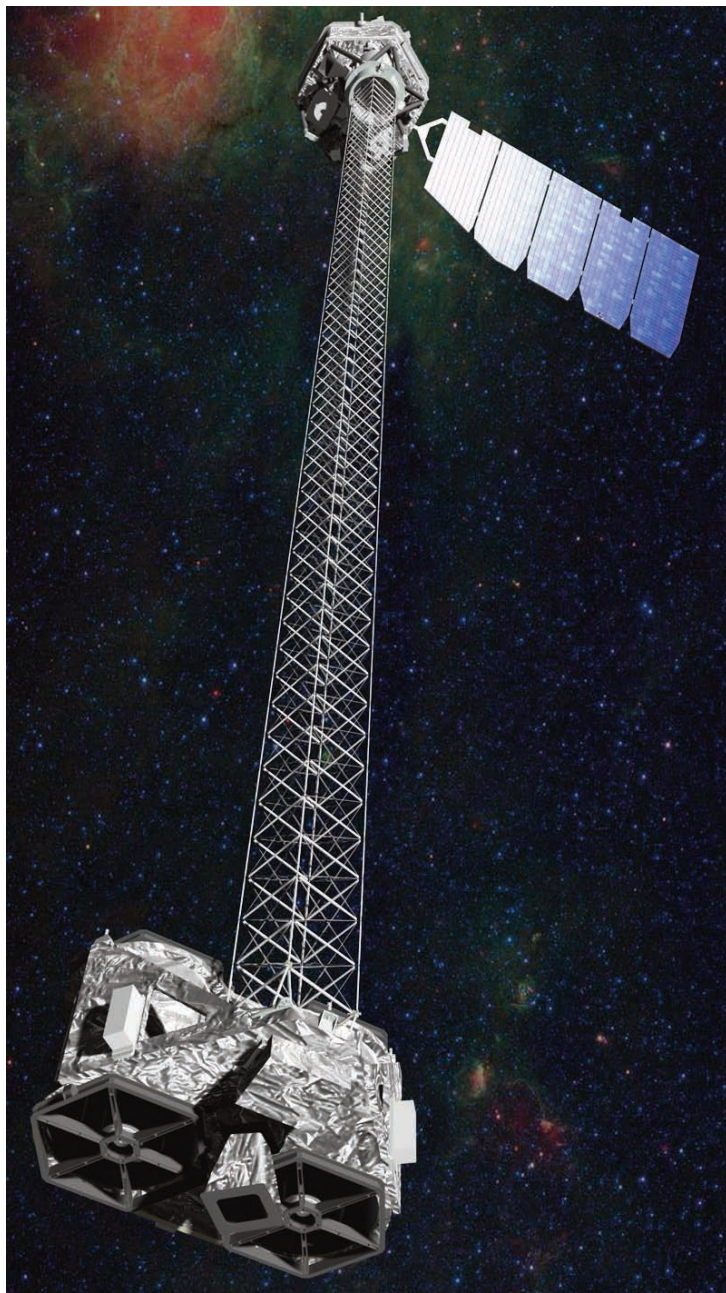
molta fantasia per associare il nome alla forma. Qualcuno obietterà che manca il mignolo, ma ipotizzandolo ripiegato verso il palmo (dalla parte opposta rispetto all'osservatore) tutto quadra perfettamente.

La Mano di Dio è nota già da qualche anno e si manifesta solo se la nebulosità viene “fotografata” nei raggi X. Dopo una prima, chiara immagine presa nel 2009 dal Chandra X-ray Observatory, ora la sorprendente struttura è tornata di attualità grazie a un altro telescopio spaziale della NASA, il Nu-

ge io"

La Mano di Dio, in un'immagine che include la radiazione X ad alta energia rilevata dal telescopio spaziale NuSTAR. Nel riquadro un suggerimento per meglio individuare il profilo della nebulosa. [NASA/JPL-Caltech/McGill]





STAR (da Nuclear Spectroscopic Telescope Array), che ha fornito una sua versione della struttura, utilizzata per integrare quella già esistente.

NuSTAR era stato lanciato nello spazio il 13 giugno del 2012, nell'ambito delle missioni Small Explorer gestite da California Insti-

tute of Technology e Jet Propulsion Laboratory. Il suo obiettivo, quello di esplorare l'universo nei raggi X ad alta energia. Visto lo specifico campo di applicazione, NuSTAR viene utilmente impiegato nello studio di buchi neri galattici ed extragalattici e di residui di stelle collassate, incluse le stelle di neutroni, dette anche pulsar se i rapidissimi segnali pulsati che emettono raggiungono l'osservatore.

È stata proprio l'azione di una pulsar, denominata PSR B1509-58 e nata da una supernova esplosa circa 19000 anni fa nella costellazione del Microscopio, a creare la Mano di Dio. Il residuo collassato di quell'evento si annida poco sopra il "polso", all'interno dell'area più brillante della nebulosa. PSR B1509-58 dista dalla Terra circa 17000 anni luce, ha un diametro di appena 19 km, una massa paragonabile a quella del Sole e ruota sul proprio asse 7 volte al secondo. Queste caratteristiche estreme, tipiche delle stelle di neutroni, comportano la produzione di intensi flussi di particelle cariche, che irradiandosi nello spazio esterno interagiscono col materiale precedentemente

eiettato dalla supernova e con i campi magnetici associati a quel materiale. Lo scambio di energia fra la pulsar e l'ambiente circostante è alla base del bagliore visibile nei raggi X che dà forma alla Mano di Dio. Ad oggi non è chiaro se l'inconfondibile aspetto di questa nebulosa è dovuto

L'insolita struttura del telescopio spaziale NuSTAR, dedicato all'osservazione dell'universo alle alte energie del dominio X. [NASA]



La Mano di Dio registrata da Chandra. La regione meridionale più brillante è qui ripresa a frequenze uguali a quelle delle altre regioni e si ritiene che in tutta la nebulosa vi fossero le medesime condizioni fisiche, cosa smentita da NuSTAR. [NASA/CXC/CfA/P. Slane et al.]

a uno specifico meccanismo tramite il quale le particelle cariche interagiscono col materiale circostante (una specie di illusione ottica), oppure se è quello stesso materiale ad essere disposto nello spazio a forma di mano. Certo è, invece, che il contributo dato da NuSTAR all'immagine di apertura, rappresentato dalla componente di colore blu, dimostra che i raggi X più energetici vengono emessi nella regione più meridionale della nebulosa. Tutto il resto, ovvero le regioni di colore verde e rosso, si manifesta solo a energie minori, quelle registrate da Chandra. Per chi ama i dettagli tecnici, il blu copre il range energetico che va da 7 a 25 keV (quello alla portata di Nu-

STAR), il verde e il rosso coprono invece da 2 a 4 keV e da 0,5 a 3 keV (frequenze di competenza di Chandra). È evidente come salendo di energia la mano si "restringa" e ciò implica che sia composta di regioni fisicamente diverse fra loro.

Non è chiaro se la nebulosa rossastra verso la quale la Mano di Dio sembra allungarsi sia effettivamente connessa a quest'ultima oppure no. Potrebbe anche trattarsi di una struttura del tutto autonoma, totalmente esterna all'ambiente dominato dall'azione della pulsar. Anche escludendo quell'area, l'estensione nello spazio della Mano di Dio è comunque notevole, superando nella sua massima lunghezza i 150 anni luce. ■

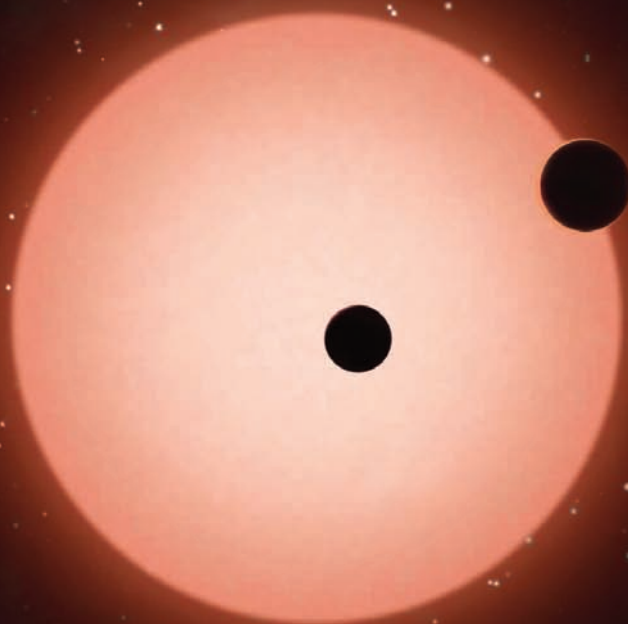
La prima "Terra" in transito

Alcuni lavori presentati al recente meeting dell'American Astronomical Society hanno aggiunto importanti dettagli al quadro che descrive l'esistenza di pianeti con taglie comprese fra quelle della Terra e di Nettuno. Tra i risultati, il calcolo della massa di un pianeta che pesa come il nostro e transita sul disco di una stella.

In altri sistemi solari potrebbero esistere lune grandi come la Terra, in orbita attorno a giganti gassosi. Ma potrebbero esistere anche Terre simili ai pianeti giganti.

Nell'attesa di trovare una soluzione che possa riportare a un'operatività anche solo parziale il telescopio spaziale Kepler, gli astronomi continuano a fare interessanti scoperte utilizzando i dati raccolti nei 4 anni in cui tutto ha funzionato perfettamente. L'ultima di quelle scoperte è stata annunciata al 223^{esimo} meeting dell'American Astronomical Society, tenutosi a

Washington in gennaio, e riguarda la determinazione della massa di due pianeti in transito su un disco stellare. Nulla di eclatante se non fosse che uno di quei pianeti è il più piccolo (fra quelli transitanti) per il quale sia stato possibile calcolare con precisione sia il diametro sia la massa. Il primo è risultato 1,6 più grande di quello terrestre, quindi circa 20400 km, mentre la seconda è



risultata praticamente identica a quella del nostro pianeta. Siamo pertanto di fronte a quello che ad oggi è per dimensioni e massa il pianeta extrasolare più simile alla Terra. Ma non è questa la cosa più interessante, lo sono piuttosto le circostanze del calcolo della massa. Vediamo perché. Da qualche anno un piccolo team di astronomi composto da David M. Kipping, Joel Hartman, Lars A. Buchhave, Allan R. Schmitt, Gáspár Á. Bakos e David Nesvorný porta avanti un progetto molto particolare, denominato "Hunt for Exomoons with Kepler". Si tratta della prima survey sistematica volta alla ricerca di lune attorno a pianeti extrasolari e viene condotta attingendo dal database di Kepler. L'idea è interessante perché se un pianeta

transita sul disco di una stella ed è circondato da una o più lune di massa proporzionalmente rilevante, le caratteristiche del transito dovrebbero in qualche modo recare traccia di quella presenza. Ma come? Bisogna ovviamente scordarsi di vedere una coppia stretta di puntini neri sul disco stellare, dal momento che quest'ultimo non ha dimensioni apprezzabili al fuoco di Kepler. E nemmeno si può pensare che pianeta e luna siano abbastanza separati da generare due distinti tracciati fotometrici. C'è però una soluzione, per quanto complicata, ed è quella di misurare eventuali variazioni nei tempi di transito del pianeta. Questa metodologia è entrata in uso un po' in sordina attorno al 2000, ma solo di recente, grazie

KOI-314b e c in transito sul disco stellare. Questa rappresentazione è puramente indicativa (i pianeti sono sovradimensionati). Nel riquadro, un'animazione che mostra Kepler puntare di diverse stelle. La rilevazione dei pianeti può avvenire solo se transitano sul disco stellare. [NASA/Kepler mission/Dana Berry]



David Kipping ha coordinato il gruppo di ricercatori che ha scoperto il pianeta transitante più simile alla Terra per quanto riguarda massa e diametro. In realtà quel mondo è tutt'altro che di tipo terrestre, trattandosi di un mini-Nettuno che ha perso gran parte della sua atmosfera. Qui a fianco, una rappresentazione fantasiosa di una delle esolune cercate dal team di Kipping nell'ambito del progetto HEK. Per poterle scoprire con gli strumenti attuali devono avere taglia terrestre e di conseguenza orbitare attorno a pianeti giganti. [D. Kipping et al.]

alla maggiore precisione e potenza raggiunte dagli strumenti di ultima generazione, è stata applicata con crescente successo.

Se un pianeta ospita una luna relativamente massiccia, essa altererà ciclicamente la velocità orbitale del suo pianeta, rallentandolo quando lo segue e accelerandolo quando lo precede (lungo l'orbita planetaria). Tali variazioni si tramuteranno in ritardi e anticipi nell'inizio (e nella fine) di ciascun transito. L'entità delle variazioni sarà chiaramente

commisurata alle masse e alle distanze reciproche dei due protagonisti, ma si tratterà comunque di variazioni infinitesime e per poter sperare di registrarne qualcuna è indispensabile uno strumento che osservi una gran quantità di stelle contemporaneamente e pressoché continuamente, su lunga base temporale e con elevatissima precisione fotometrica, presupposti che hanno convinto Kipping e colleghi a intraprendere la loro ricerca proprio basandosi sul database di Kepler, l'unico telescopio rispondente a tutti i requisiti richiesti.

Che le esolune possano esistere sembra scontato, a meno che il nostro sistema planetario non rappresenti un'incredibile anomalia.

Che poi quelle lune siano in grado di far variare i tempi dei transiti in modo rilevabile dai nostri strumenti è un altro discorso. Il vero problema è che per lasciare una traccia oggi rilevabile, quelle lune devono avere dimensioni che non hanno riscontri attorno ai nostri pianeti, dimensioni planetarie, e non è detto che possano realmente esistere. Allo stato attuale delle cose, fra gli oltre 2300 pianeti in transito sui dischi stellari (non tutti ancora confermati) esaminati dal



team di ricercatori, solo 7 mostrano anticipi e ritardi nei transiti compatibili con la presenza di lune relativamente massicce.

Come non di rado avviene in astronomia, capita che cercando una cosa se ne trovi un'altra non cercata, la chiamano serendipità, e anche il progetto HEK l'ha sperimentata allorquando i suoi promotori hanno analizzato i dati riguardanti KOI-314, una debole nana rossa situata a circa 200 anni luce dalla Terra. La fotometria di quella stella mostra chiaramente le tracce di due pianeti in transito, il più interno dei quali, denominato KOI-314b orbita attorno alla stella in 13 giorni e ha dimensioni un poco superiori a quelle della Terra (ricordiamo che il diametro viene stimato dalla percentuale di disco stellare occultato, nota la sua luminosità per unità di superficie). Il pianeta più esterno, KOI-314c, che descrive un'orbita in 23 giorni, mostra dimensioni ancor più simili a quelle terrestri (è quello con un diametro di circa 20400 km). Ma per stabilire effettivamente quanto l'uno o l'altro possano offrire condizioni ambientali a noi familiari era necessario calcolarne la massa.

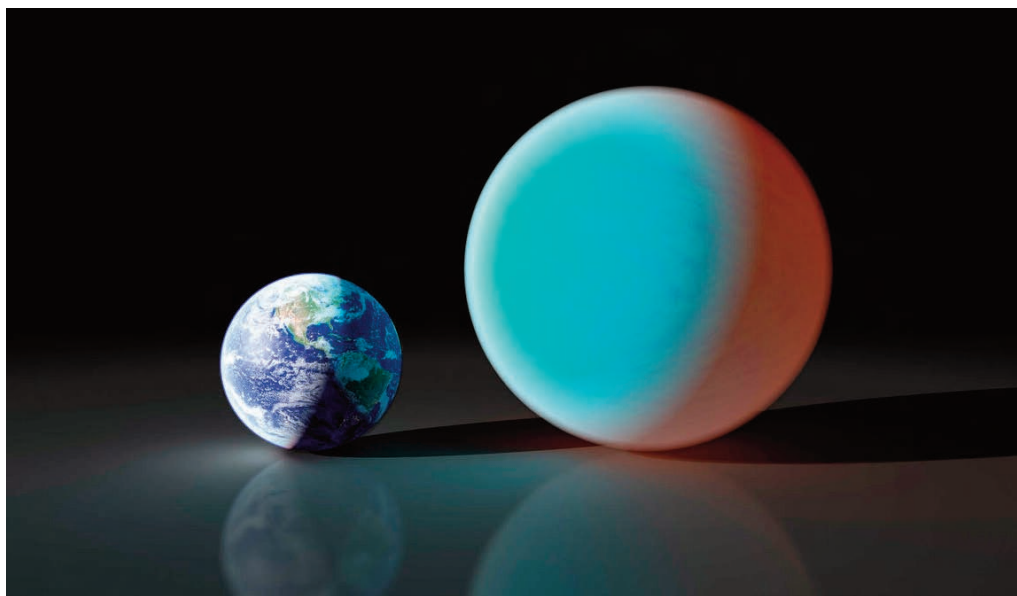
Cercando le loro lune anche attorno ai due pianeti di KOI-314, Kipping e colleghi hanno applicato ai loro moti la tecnica delle "variazioni temporali dei transiti" (TTV), trovando degli scarti che però non erano com-

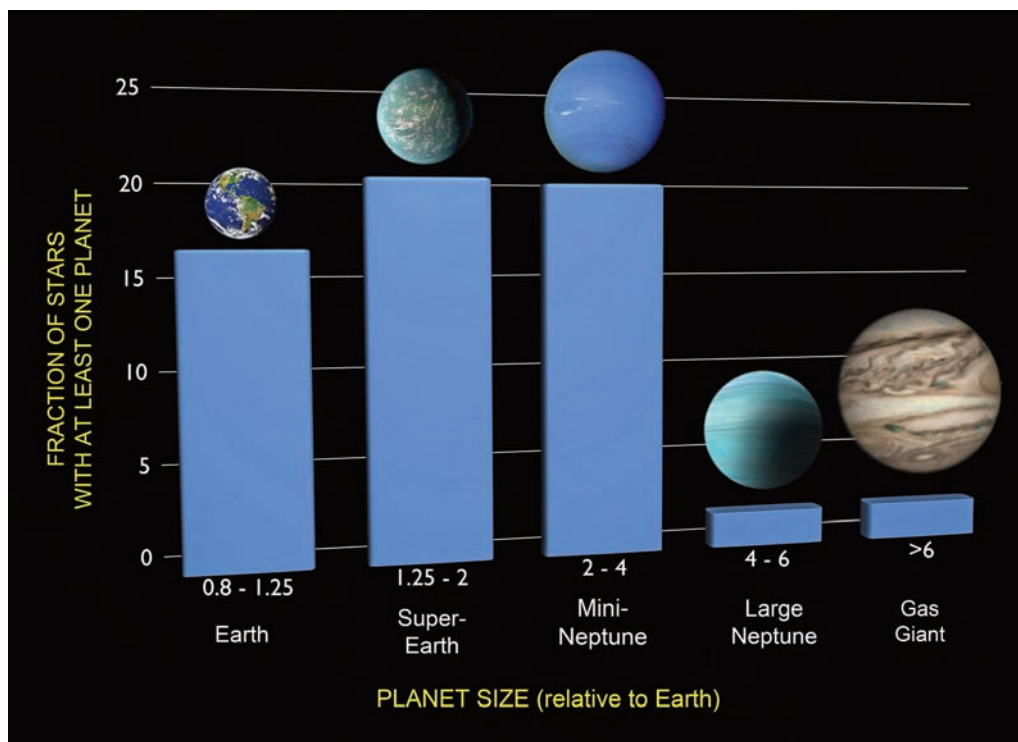


patibili con la presenza di lune, bensì con una serie di reciproche perturbazioni gravitazionali fra i pianeti, che si ripetevano quasi periodicamente e che potevano essere riconducibile al quasi risonante rapporto di 5 a 3 che lega i due periodi orbitali.

Questa peculiarità, unita al fatto che i periodi orbitali molto brevi, come appunto quelli di KOI-314b e KOI-314c, permettono di accumulare su periodi di anni grandi quantità di dati e di raggiungere un'elevata precisione di calcolo, ha consentito di determinare con esattezza quanto i due pianeti si stratonano, procurandosi reciprocamente anticipi e ritardi rispetto alle posizioni che

Nell'animazione qui sopra è rappresentata la posizione del telescopio spaziale Kepler rispetto alla Terra e le diverse posizioni che esso assume durante l'anno per mantenere i pannelli solari rivolti nella giusta direzione. A sinistra, la Terra a confronto con un mini-Nettuno, la tipologia di pianeti che recenti lavori dimostrano essere la più diffusa nel vasto campione di stelle monitorato da Kepler. [NASA Kepler Mission/ Dana Berry]





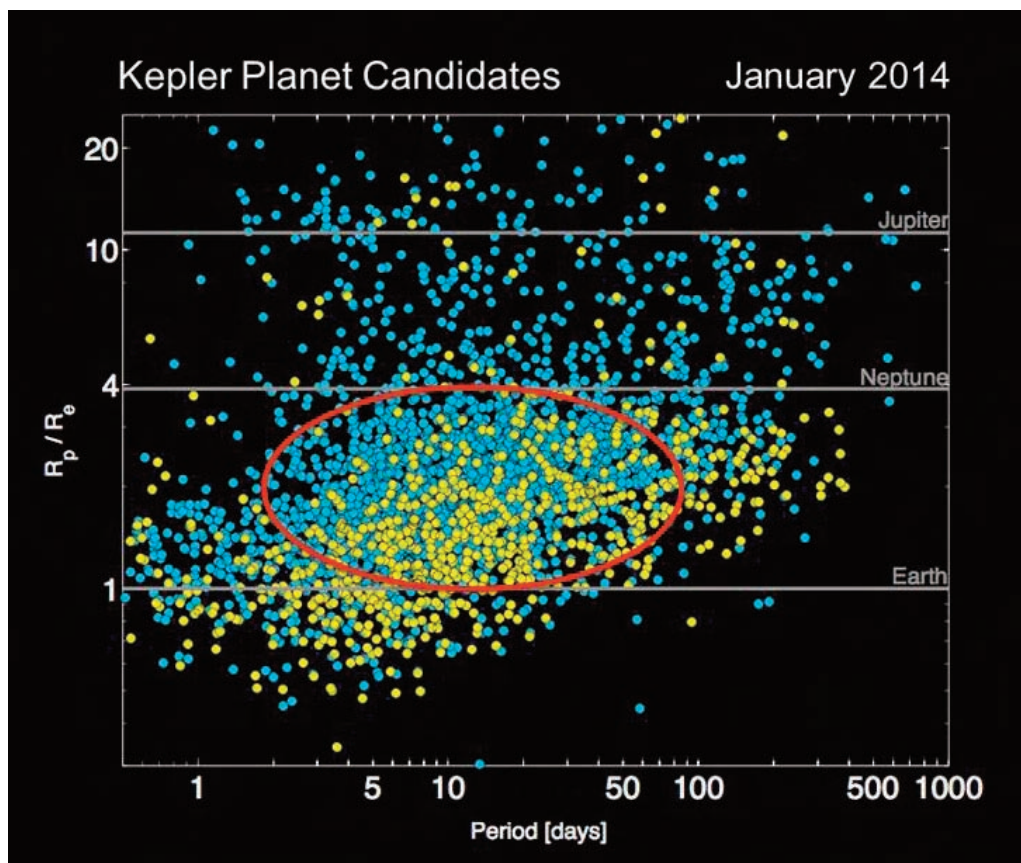
tandola a 1,3 volte quella dell'acqua (oltre 4 volte inferiore a quella della Terra). Per dar conto di una densità tanto bassa, quell'involucro gassoso deve essere spesso diverse centinaia di chilometri ed essere composto essenzialmente di idrogeno ed elio. Alla luce di quanto sopra, appare probabile che KOI-314c abbia iniziato la sua esistenza come mini-Nettuno e che nel tempo una parte consistente della sua atmosfera sia evaporata a causa della radiazione stellare. Questo verosimile scenario lascia intuire quanto sia difficile discernere fra

Le stelle che possiedono almeno un pianeta mostrano una certa preferenza per quelli di taglia compresa fra quella della Terra e quella di Nettuno. I pianeti più enigmatici, quelli di circa 2-3 masse terrestri, sono anche i più numerosi ma nonostante ciò il nostro sistema solare ne è privo. A destra, un'animazione che illustra come Kepler raccoglie la luce delle stelle monitorate. [NASA Kepler Mission/ Dana Berry]

avrebbero occupato in assenza di perturbazioni gravitazionali. Poiché l'entità di quell'azione è indicativa delle masse in gioco, i ricercatori sono risaliti alle masse dei due pianeti, con KOI-314b che è risultato 4 volte più pesante della Terra, e con KOI-314c che invece ha una massa del tutto paragonabile a quella del nostro pianeta. È questo il primo caso di un pianeta di massa terrestre "visto" transitare su un disco stellare. Ma le analogie non vanno molto oltre. Intanto perché la temperatura superficiale è stimata attorno ai 100°C, ma soprattutto perché, come abbiamo già detto più sopra, il diametro di KOI-314c risulta essere del 60% più grande di quello della Terra, il che si traduce nella presenza di una voluminosa atmosfera, che abbassa drasticamente la densità media del pianeta, por-

pianeti rocciosi di tipo terrestre e altre tipologie di pianeti, come appunto i giganti gassosi "sgonfiati" (o come i mondi ricoperti da profondissimi oceani globali) se non vi è la possibilità di determinare le loro masse. Il solo diametro ci dice ben poco e senza il valore delle masse è impossibile capire fino a che punto determinati pianeti possano essere adatti a ospitare la vita, come noi la conosciamo.





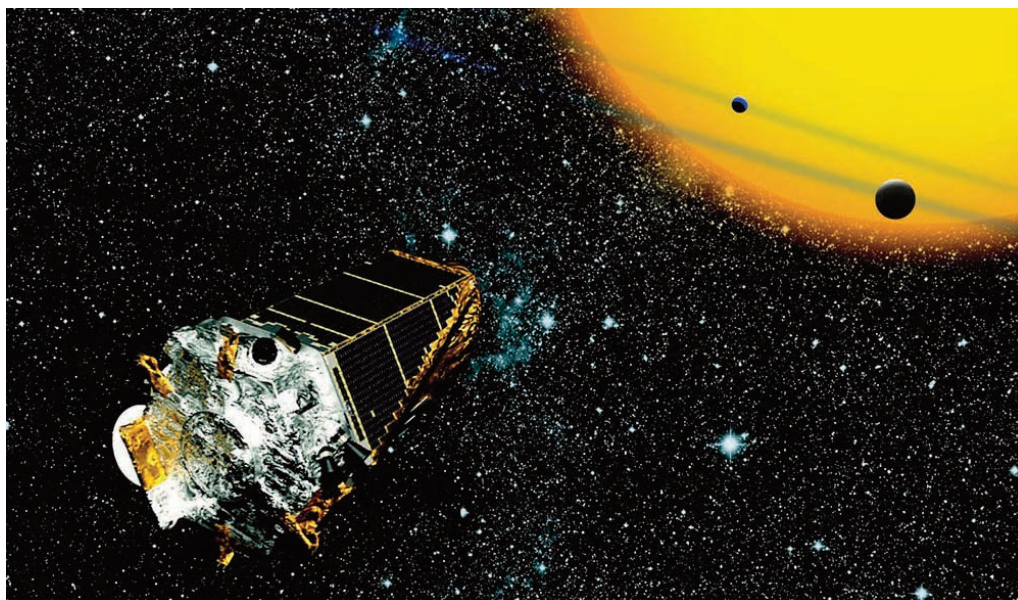
Distribuzione dei pianeti individuati da Kepler in base al periodo di rivoluzione e al raggio. L'ellisse indica la massima concentrazione di mini-Nettuno, che sulla base delle attuali conoscenze rappresentano i $3/4$ della popolazione planetaria. [NASA Ames Research Center]

Il problema principale è che per i pianeti di taglia terrestre il calcolo delle masse è un'operazione che si trova ai limiti delle attuali possibilità strumentali. Il classico metodo delle variazioni delle velocità radiali delle stelle è nella gran parte dei casi inapplicabile ai pianeti di taglia terrestre perché il rumore risulta superiore al segnale. La più recente tecnica delle variazioni dei tempi di transito è molto meno immediata ed è comunque utilmente applicabile a un ridottissimo numero di sistemi extrasolari. Per completezza va detto che pochi mesi fa è stata sperimentata un'ulteriore tecnica, che consente di calcolare la massa di un pianeta in transito prendendo come riferimento il comportamento dei gas atmosferici, che varia in ragione della forza di gravità alla quale quei gas sono sottoposti; ma anche in questo caso siamo ai limiti delle possibilità degli strumenti contemporanei.

Eppure gli sforzi dei ricercatori nel caratterizzare i pianeti di dimensioni comprese fra quelle della Terra e quelle dei mini-Nettuno si moltiplicano, perché in quel range di grandezze si nascondono le risposte a quesiti ancora aperti sulle modalità con cui si formano i sistemi planetari. Indicazioni molto interessanti a questo proposito sono giunte da altre ricerche presentate in gennaio al già menzionato meeting della AAS. Una è quella di Yoram Lithwick, della Northwestern University. Coadiuvato da Sam Hadden, anche Lithwick ha fatto ricorso alla TTV per misurare le masse di una sessantina di mini-Nettuno, scoprendo che anche quelli il cui peso supera di poche volte quello della Terra tendono ad essere avvolti da un'atmosfera molto consistente. Ciò può essere spiegato ammettendo che quel tipo di pianeti sia caratterizzato da una formazione molto rapida dopo la nascita della loro stella, in un'epoca in cui i gas circum-

Quando più di un pianeta viene visto transitare ripetutamente sul disco di una stella c'è la possibilità impiegare la tecnica delle variazioni temporali dei transiti, che permette di calcolare le masse di entrambi i pianeti. Per quanto di difficile applicazione, negli ultimi mesi diversi gruppi di ricercatori grazie ad essa sono riusciti a pesare oltre un centinaio di pianeti extrasolari. [NASA]

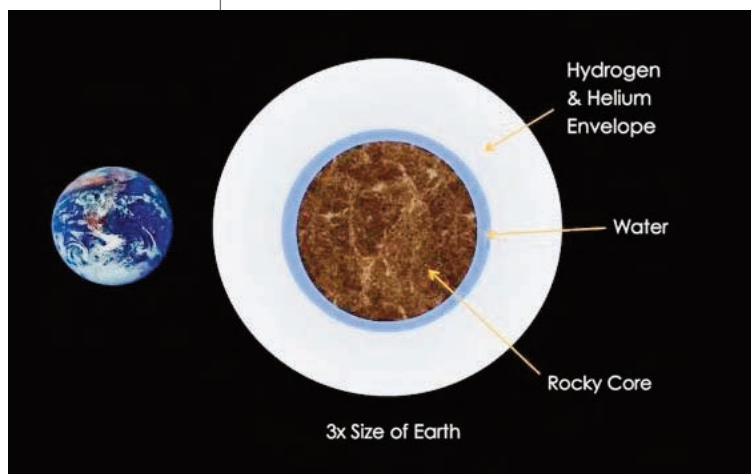
Lo schema in basso illustra come può essere strutturato internamente un mini-Nettuno: un nucleo roccioso (e metallico) è sovrastato da un oceano globale, che a sua volta è sovrastato da un'estesa atmosfera gassosa. [Geoff Marcy]



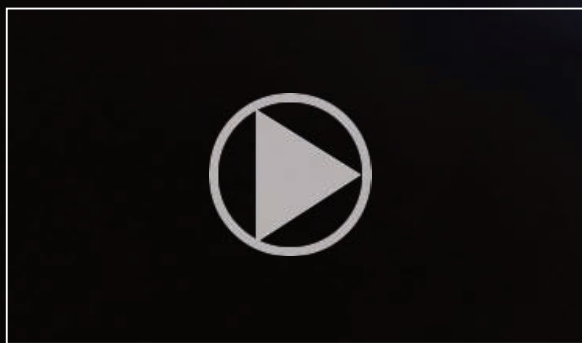
stellari sono ancora presenti in grandi quantità. Nel nostro sistema planetario non esistono mini-Nettuno nelle vicinanze del Sole per il semplice motivo che la formazione dei pianeti non è stata rapida come nei sistemi esaminati da Lithwick e Hadden. In sostanza, quando la Terra si formò, il Sole aveva già soffiato via la maggior parte del residuo gassoso rimasto dopo la sua formazione. I due ricercatori della Northwestern University hanno dimostrato che pianeti anche solo 2-3 volte più grandi della Terra hanno densità assai basse e che quindi la loro massa solida è ricoperta da una vasta

atmosfera. Per valori delle masse più vicini a quello della Terra il quadro si complica, perché esistono sia pianeti a densità terrestre (o più elevata, come nel caso di KOI-314b) sia mini-Nettuno che si sono ridimensionati (vedi KOI-314c). I tempi di formazione dei pianeti rispetto a quelli delle loro stelle sono dunque determinanti alla comparsa di ambienti favorevoli o meno all'insorgere della vita.

Un'altra ricerca sul medesimo argomento è stata presentata al meeting dal team di Geoff Marcy (University of California), che ha confermato la natura planetaria di una quarantina di candidati pianeti, ricorrendo sia al metodo delle velocità radiali (con il Keck I delle Hawaii) sia alla tecnica TTV (quindi con i soli dati raccolti da Kepler). Questo lavoro ha confermato che i mini-Nettuno sono la tipologia di pianeti più diffusa e che al momento non esistono informazioni univoche né sulla loro composizione né sulla loro struttura interna. In particolare non è chiaro se possono esistere mini-Nettuno con un diametro uguale o molto vicino a quello terrestre. Tutte queste incertezze complicano notevolmente lo schema lineare finora accettato, secondo il quale un pianeta grande (o piccolo) come la Terra, non poteva che essere composto di roccia e metalli nella sua quasi totalità. ■



Giganti blu, perché esist



In questo video vengono messe a confronto le dimensioni di alcuni corpi planetari del nostro sistema solare con quelle del Sole e di altre stelle di sequenza principale e supergiganti, ciascuna rappresentativa di una diversa classe spettrale.



ecco ono

La quasi totalità delle stelle della Via Lattea sono nane, a volte un po' più grandi ma spesso più piccole del Sole. Poche altre stelle raggiungono invece dimensioni spaventose, accumulando da 10 a oltre 100 masse solari. Il motivo di tanta differenza è legato alla presenza nelle nubi protostellari di campi magnetici più o meno intensi. Senza di essi, le stelle sarebbe quasi tutte uguali.

Sullo sfondo, le dimensioni di una nana rossa paragonate a quelle del Sole, di una stella blu normale e della gigantesca R136a1, di ben 300 masse solari. [ESO]

Perché ci sono stelle molto più grandi di altre? Rispondere a questa domanda sembra piuttosto semplice, perché se sono più grandi significa che hanno accumulato una maggiore quantità di materia rispetto ad altre stelle, attingendola dalla nube di gas molecolare nella quale sono nate. Questo è vero, ma si tratta di una sin-

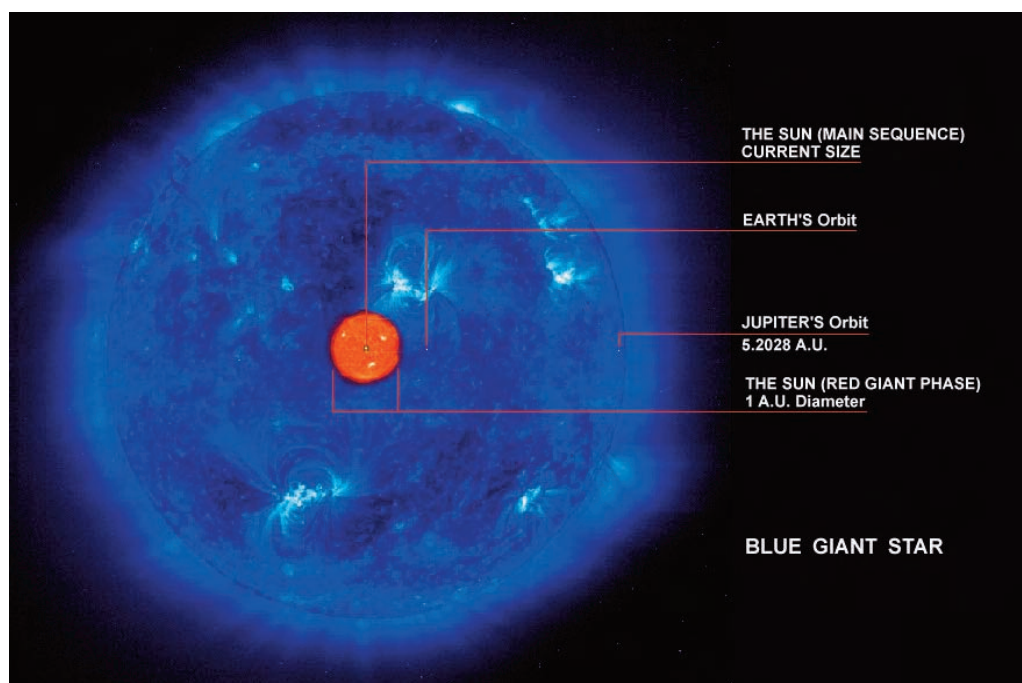
tesi che non tiene conto di un fatto determinante, ovvero l'azione della pressione di radiazione, conseguenza delle reazioni termonucleari che avvengono all'interno delle stelle nascenti. C'è un limite all'accumulo di gas oltre il quale la temperatura della massa concentrata raggiunge livelli sufficienti a trasformare l'idrogeno in elio, liberando



enormi quantità di energia. Quel flusso energetico si propaga in tutte le direzioni attorno alla stella, ostacolando sempre più efficacemente la caduta di altro gas. Poiché la "scintilla" che dà il via alla nucleosintesi scocca al raggiungimento di una massa che varia entro un range piuttosto ristretto, ci si dovrebbe aspettare che tutte le stelle (di sequenza principale) abbiano masse dello stesso ordine di grandezza. E così è per la stragrande maggioranza di esse, ma esiste

un numero relativamente ristretto di giganti blu (dei tipi spettrali O e B), con masse di decine e a volte centinaia di volte superiori a quella del Sole, la cui esistenza sembra inspiegabile con i modelli accrescitivi applicabili alle stelle più piccole. Inspiegabile essenzialmente per due motivi: il primo è quello appena visto, nel senso che la pressione della radiazione proveniente dalla stella nascente o neonata dovrebbe spazzare via le decine o centinaia di masse solari

Sopra, una suggestiva immagine di una parte della schiera di radiotelescopi che forma ALMA, lo strumento che ha permesso di confermare l'ipotesi secondo la quale la nascita delle giganti blu è legato ai campi magnetici presenti nelle nubi protostellari. [ESO] A fianco viene illustrato quanto spazio occuperebbe una gigante blu se fosse messa al centro del sistema solare: la stella ingloberebbe anche l'orbita di Giove.





Questa animazione mostra le due principali nubi di gas molecolare esaminate con ALMA dal team di Tan. La luce dominante è quella emessa dalla riga dello ione molecolare N_2D^+ . La regione più concentrata darà quasi sicuramente vita a una gigante blu. [Brian Kent (NRAO/AUI/NSF); ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)]

(in gas molecolare) che invece continuano ad alimentare la stella, elevandola a rango di gigante; il secondo motivo sta nel fatto che le nubi di gas interstellare tendono a frammentarsi in più centri di attrazione, i quali danno vita a più stelle di piccola taglia. Di conseguenza, per giustificare la presenza della sparuta ma significativa popolazione delle giganti blu è necessario individuare un meccanismo in grado di arginare sia l'azione della radiazione stellare sia la frammentazione delle nubi protostellari. In assenza di spinte provenienti dall'interno, le nubi collasserebbero rapidamente formando in ogni caso stelle normali (o buchi neri nella peggiore delle ipotesi), quindi serve né più né meno una forza che sappia controbilanciare adeguatamente la forza di gravità della nube, affinché la contrazione di quest'ultima possa avvenire nelle modalità utili alla produzione di una gigante. La soluzione più convincente proposta dai teorici è un modello chiamato Turbulent Core Accretion (TCA), il quale prevede che la pressione interna necessaria a rallentare la contra-

zione gravitazionale sia fornita da una combinazione di turbolenze del gas e di campi magnetici associati alla nube. Il ruolo di questi ultimi appare particolarmente interessante perché il loro mantenimento richiede una certa energia che può essere trovata sottraendo calore all'ambiente nel quale agiscono. Nella fattispecie, la sorgente di quel calore sarebbe il nucleo della stella nascente, che può crescere molto più della media prima che si renda disponibile (per compressione gravitazionale) abbastanza calore da innescare anche le reazioni termonucleari (oltre che a mantenere i campi magnetici). Quando ciò avviene, la stella può avere nel frattempo accumulato una massa da 10 a oltre 100 volte quella del Sole.

Per verificare la teoria, un team di astronomi



Un'immagine delle nubi contenenti N_2D^+ è qui sovrapposta a uno sfondo di fantasia. Mentre dalla concentrazione più tonda e brillante prenderà forma una gigante blu, da quella più frammentata nasceranno diverse stelle di piccola massa. [Bill Saxton & Alexandra Angelich (NRAO/AUI/NSF); ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)]

americani e italiani, coordinato da Jonathan C. Tan (University of Florida), ha utilizzato l'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) per indagare alcune delle più oscure, fredde e dense nubi di gas molecolare della nostra galassia, poste a circa 10000 anni luce nella direzione delle costellazioni dell'Aquila e dello Scudo. Quelle nubi, note col nome di Infrared Dark Clouds, sono abbastanza massicce da rappresentare un ambiente ideale nel quale possono prendere forma le stelle giganti blu, ma essendo totalmente buie anche nell'infrarosso (di qui la necessità di ricorrere ad ALMA) significa che se mai delle stelle stanno formandosi al loro interno, esse non hanno ancora lontanamente raggiunto la fase della nucleosintesi.

Dalla massa di quelle nubi (4 raggiungono il centinaio di masse solari) e dal contesto in cui si trovano, non sarebbe stato strano se si fossero frammentate e avessero dato origine a decine di stelle bianche, gialle e rosse. Invece sono ancora compatte e fredde, segno che più forze stanno agendo a favore della nascita di astri ben più massicci. ALMA ha dato la possibilità a Tan e colleghi di verificare che effettivamente la temperatura all'interno di quelle strutture è sufficientemente bassa da ritardare l'innescio delle reazioni nucleari.

La conferma si è avuta tramite il riconoscimento negli spettri delle nubi di una rilevante quantità di deuterio, soprattutto associato all'azoto nella molecola N_2D^+ , trovata in 6 diverse concentrazioni spaziali, dalle quali probabilmente nasceranno altrettante giganti.

Il deuterio altro non è che idrogeno nel cui nucleo il protone è legato a un neu-



trone. Impropriamente indicato col simbolo "D", viene detto anche idrogeno pesante e diventa irreperibile non appena rimane esposto alle temperature tipiche degli ambienti stellari e proto-stellari, nel qual caso perde il neutrone e torna ad essere semplicemente H, l'isotopo più diffuso dell'idrogeno. L'avere trovato il deuterio legato in molecole che tendono a formarsi all'interno di nubi decisamente fredde, significa che in esse non esistono ancora abbozzi di stelle, scenario che indirettamente conferma l'azione "radiatrice" dei campi magnetici associati a quelle nubi. Se quei campi e le turbolenze previste dal modello TCA si limitassero a sostenere la nube e a ritardarne semplicemente il collasso, ciò non sarebbe sufficiente a impedire la formazione di stelle piccole. Ci metterebbero più tempo perché il gas cade più lentamente ma alla fine inizierebbero a produrre calore prima di raggiungere taglie anomale.

È invece la sottrazione dall'ambiente del calore necessario al mantenimento dei campi magnetici che rende possibile l'accumulo di grandi quantità di gas, prima che la temperatura salga abbastanza da innescare la fusione dell'idrogeno. Questo spiega l'esistenza delle giganti blu. Riassumendo e semplificando potremmo dire che le dimensioni delle stelle dipendono sì dalla massa e dalla densità delle nubi di gas molecolare che si contraggono per formarle, ma un ruolo importante è giocato anche dall'intensità dei campi magnetici ad esse associati, e dall'efficienza con la quale riescono a dissipare parte del calore generato dalla contrazione.

Aver appurato che anche le stelle più massicce, tutto sommato, nascono seguendo il meccanismo standard della formazione stellare, e che quindi non sono necessari due modelli separati per giustificare la presenza delle giganti blu e delle stelle normali (o nane), è un bel passo avanti verso la definizione di un modello unico e condiviso che tenga nella debita considerazione il ruolo dei campi magnetici. ■

Il mistero di Pinnacle Island

Due immagini della superficie marziana prese dal rover Opportunity a 13 giorni di distanza una dall'altra hanno lasciato a bocca aperta i tecnici del Mars Exploration Rover Mission: sulla più recente delle due c'è una roccia di dimensioni non trascurabili che sulla prima immagine non c'era. Come è finita lì?

Il titolo sembra quasi evocare un romanzo di Rosamunde Pilcher, invece si riferisce a qualcosa di molto reale, inerente all'esplorazione della superficie di Marte. Pinnacle Island è il nome di una roccia apparsa di colpo nel campo fotografato dalla PanCam (camera panoramica) del rover Opportunity. Un paio di settimane prima quella roccia non c'era, ma poi eccola là, come se fosse sbucata fuori dal nulla. Facciamo un passo indietro e cerchiamo di capire che cosa è successo. Il 26 dicembre del 2013, Opportunity sta acquisendo dati e immagini nel sito di Murrey Ridge, una sezione del bordo dell'Endeavour Crater, dove il rover ha trascorso il suo sesto inverno marziano. Mentre Opportunity svolge infaticabilmente le sue mansioni, sulla Terra il Jet Propulsion Laboratory della NASA si sta organizzando per festeg-

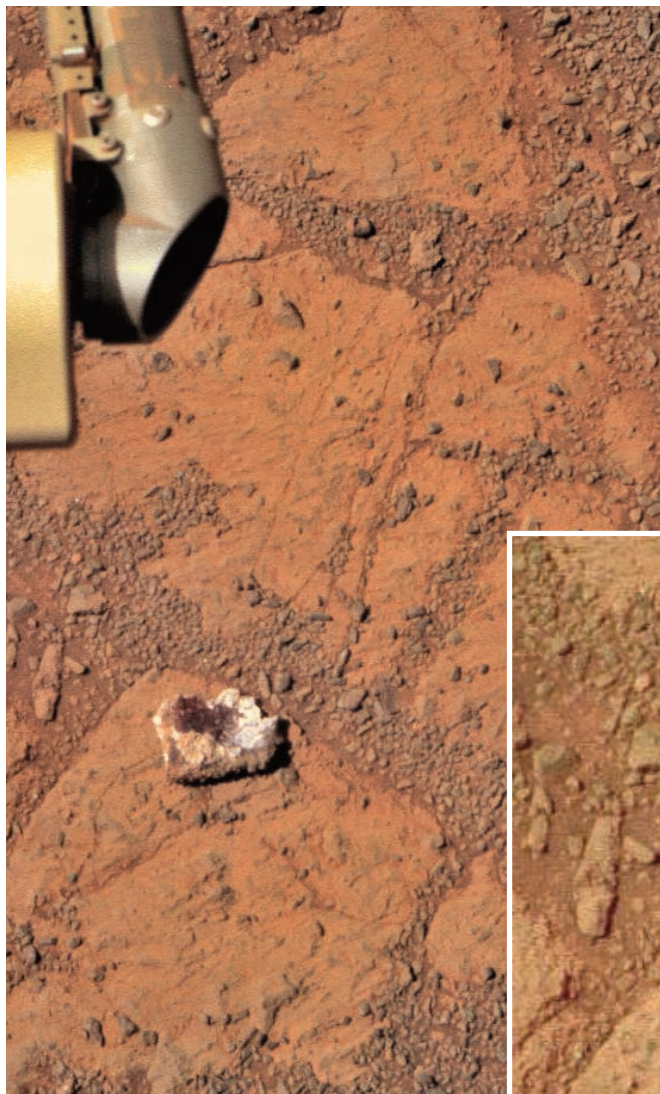


Dopo 10 anni di attività, il rover Opportunity ha praticamente preso il colore di Marte, come dimostra questo autoscatto, fatto per festeggiare il suo anniversario. Nel riquadro, Steve Squyres presenta a Pasadena le immagini che testimoniano l'apparizione di Pinnacle Island. [NASA/JPL Caltech/Cornell Univ./Arizona State University]

giare il decimo anniversario del suo sbarco su Marte. Sembra incredibile, ma la missione doveva durare solo 90 giorni e invece ha superato di oltre 40 volte quel periodo. Opportunity era atterrato il 25 gennaio del 2004, seguendo l'esempio del suo gemello Spirit, sceso sul pianeta rosso tre settimane prima. Anche Spirit ha avuto una vista operativa insperabilmente lunga, ma è stato più sfortunato, perché fra il 2009 e il 2010 due delle sue sei ruote sono incorse in malfunzionamenti che alla fine lo hanno reso inservibile, tanto che la missione è stata ufficialmente dichiarata conclusa nel 2011. Opportunity, invece, continua imperturbato ad analizzare e fotografare la superficie marziana, e sebbene la scena gli sia stata un po' rubata dal più giovane e performante Curiosity, sta ancora producendo scoperte

di prim'ordine, la più recente delle quali, pubblicata su *Science* poche settimane fa, riguarda l'individuazione di un ambiente con le più antiche tracce di formazione di argille ad opera dell'acqua. Sedimentatesi nel sottosuolo, quelle argille schizzarono in superficie in concomitanza della formazione dell'Endeavour Crater, e Opportunity ha avuto modo di studiarle lungo il bordo del cratere.

Dopo questo ennesimo importante risultato, le ricerche nel sito di Murrey Ridge sembravano rientrare nella quotidiana routine, senonché l'8 gennaio 2014 la PanCam torna a inquadrare e a fotografare la medesima ristretta area già fotografata il giorno dopo Natale. A quel punto i tecnici del Mars Exploration Rover Mission (MER) stentano a credere ai propri occhi, notando che nella



frasi più significative dette dal relatore al riguardo della misteriosa roccia. Ovviamente la prima domanda che tutti si sono posti è stata qualcosa di simile a: "E quella da dove arriva?". Da subito sono state avanzate le ipotesi più disparate, tutte più o meno scientificamente sostenibili, ma qualcuna decisamente meno probabile di altre, come ad esempio quella che vede la roccia essere rotolata fin lì sospinta da un vento particolarmente impetuoso, oppure a seguito di un terremoto. Nel primo caso sembra a dir poco difficile che una massa di

In queste due immagini di Pinnacle Island si distingue chiaramente la sua forma a scodella o a ciambella. La spigolosità e il colore chiaro della superficie perimetrale sono indizi del fatto che la roccia è stata capovolta rispetto alla posizione originale. [NASA/JPL Caltech/Cornell University/Arizona State University]



seconda immagine c'è in bella vista una roccia larga una dozzina di centimetri, fatta come una scodella o come una ciambella di quelle con la marmellata al centro. Il primo a definirla in quest'ultimo modo è Steve Squyres (della Cornell University, Ithaca, N.Y.), Principal Investigator del MER. Squyres presenta la novità il 16 gennaio scorso al California Institute of Technology di Pasadena, dove si tiene l'evento organizzato dal Jet Propulsion Laboratory per celebrare il decimo anniversario di Opportunity. "Non si era mai vista prima d'ora una cosa simile sulla superficie di Marte" è una delle

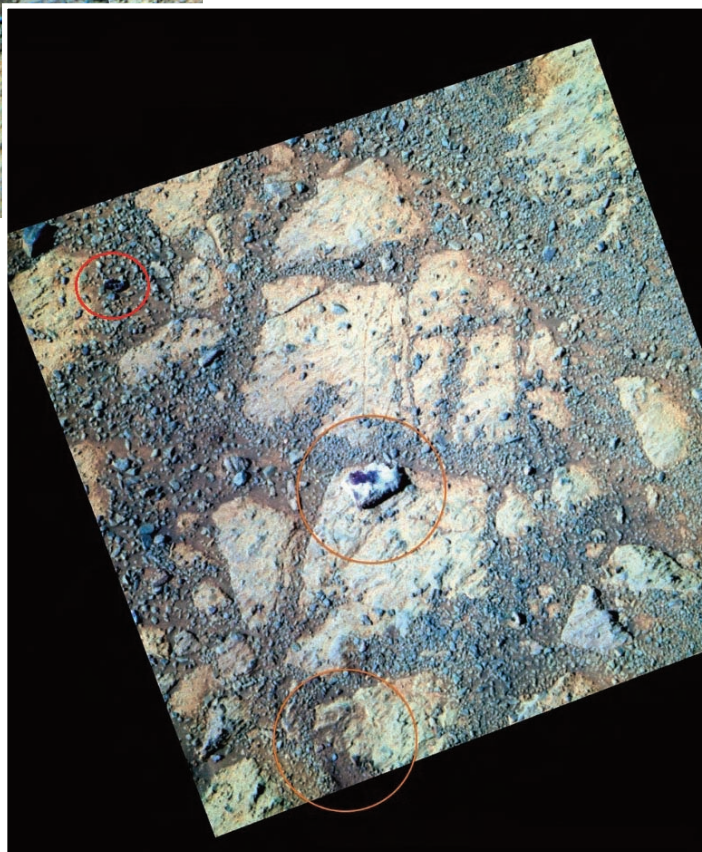


Pinnacle Island non è l'unica differenza fra il prima e il dopo nelle riprese di quella particolare area marziana, ci sono infatti altre due piccole zone interessate da cambiamenti, come evidenziato nelle immagini di questa pagina. Una (cerchio più piccolo) è forse una piccola pietra scura; l'altra (cerchio in basso) è un piccolo solco. [NASA/JPL Caltech/Cornell Univ./Arizona State University]

"aria" su Marte possa arrivare ad essere abbastanza densa e veloce da riuscire a smuovere una roccia pesante qualche etto. Nel secondo caso, l'esistenza di terremoti su quel pianeta è ancora oggetto di dibattito, e comunque se la causa fosse realmente una scossa (o una raffica di vento), si noterebbero molti altri sassi e sassolini fuori posto, mentre la scena sembra nel suo insieme rimasta invariata.

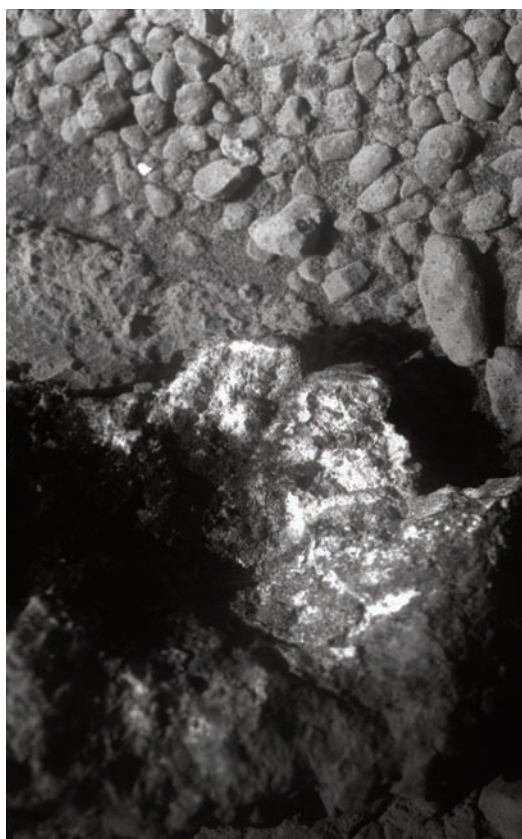
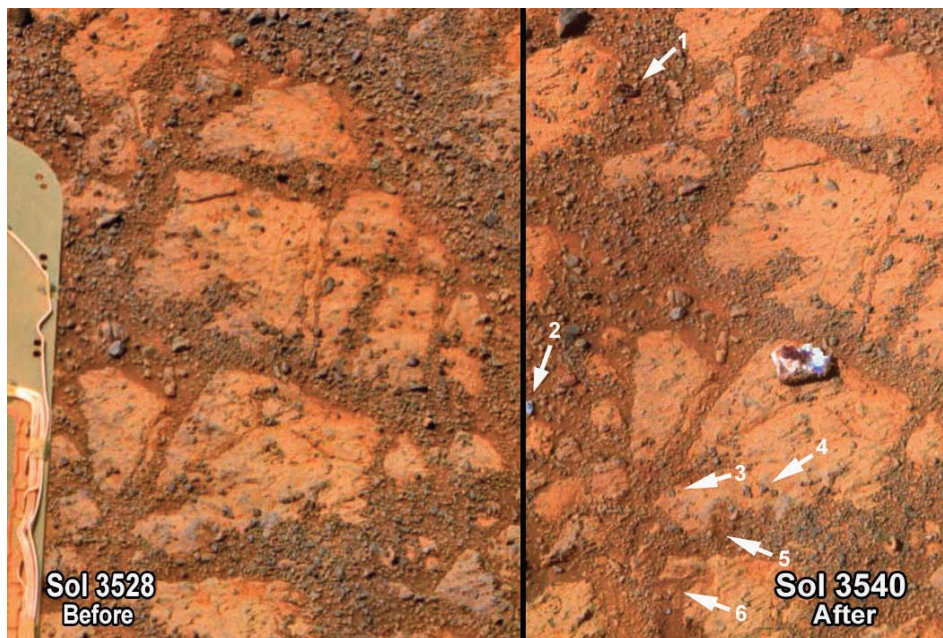
Squyres preferisce giustamente propendere per altre due possibili soluzioni. Una coinvolge la caduta di un meteorite a distanza relativamente breve

dal rover, che avrebbe sconvolto una piccola area superficiale, scagliando attorno delle rocce. Pinnacle Island sarebbe una di quelle rocce, oppure potrebbe addirittura essere un frammento della meteorite. Lo stesso Squyres è leggermente scettico verso questa soluzione, in quanto le probabilità che una meteorite vada a impattare proprio nelle vicinanze del rover sono bassissime, pur rimanendo un evento possibile. Molto più verosimile è invece che sia stato proprio Opportunity a buttare lì quella roccia, facendola schizzare via da sotto una delle sue sei ruote durante una manovra sul posto. I tecnici del MER sono certi che il rover non è mai transitato dove ora c'è Pinnacle Island, però si è sicuramente mosso fino a 1-2 metri dal quel punto, una distanza che può essere ragionevolmente coperta da una roccia quasi circolare che si trovasse a essere "scalciata via" dalla sua posizione originale. Questa soluzione sarebbe avvalorata da al-



cune tracce sospette, evidenziabili sulla fascia di terreno interposta fra Opportunity e Pinnacle Island nel periodo compreso fra le due riprese fotografiche.

Dalle immagini si nota facilmente come la superficie più esterna della roccia in questione appaia di tonalità decisamente più chiara (quasi bianca) rispetto alla sua parte centrale (quasi marrone) e soprattutto rispetto al terreno circostante. I ricercatori concordano sul fatto che la maggior brillantezza è da attribuire al fatto che Pinnacle Island si è capovolta alla fine della sua corsa, e quindi ora ci mostra una superficie che è rimasta nascosta agli agen-



ti atmosferici e alla radiazione solare per miliardi di anni. È questa un'occasione eccezionale per analizzare uno strato del suolo al quale Opportunity non avrebbe altrimenti avuto accesso.

Le prime indagini ravvicinate di Pinnacle Island, compiute con gli strumenti montati sul braccio robotico del rover, hanno fornito dati sorprendenti: la composizione chimica delle parti esposte per la prima volta alla luce del giorno indica quantità insolitamente elevate di magnesio e zolfo, nonché un'abbondanza di manganese doppia rispetto a quella contenuta in tutte le rocce analizzate in precedenza.

Al momento Squyres e colleghi non sanno spiegarsi quei macroscopici eccessi. Quel che è certo è che si tratta di abbondanze mai misurate nei 10 anni di proficua attività del rover, e ciò è stato possibile praticamente solo grazie a un episodio fortuito.

Ora non resta che confidare in ulteriori analisi da parte dello stesso Opportunity, sperando che possa continuare la sua missione ancora a lungo, a dispetto di qualche segno di cedimento, come lo sterzo anteriore che si blocca, un principio di "artrosi" al braccio robotico e saltuari problemi di memoria flash. Ma ci vuole ben altro per fermarlo! ■

A un'osservazione più attenta, oltre alla piccola pietra scura (1) e al solco (6) emergono altri movimenti in prossimità di Pinnacle Island: (2) è molto probabilmente un frammento della roccia stessa, vista l'anomala tonalità chiara; (3) e (4) sono piccoli sassi verosimilmente spostati dal passaggio di Pinnacle Island; (5) indica un sassolino non più presente, forse il (3). A sinistra la più dettagliata immagine ad oggi disponibile di Pinnacle Island. [NASA/JPL Caltech/Cornell Univ./Arizona State University]



IN ESCLUSIVA per l'Italia le nuove cupole della PulsarObservatories adatte per telescopi fino a 12"-14"

- Diametri di 2,2 metri e 2,7 metri.
- Elevata qualità dei materiali impiegati.
- Ottime finiture e facilità di montaggio.
- Raffinati sistemi di sicurezza.
- Compatibili per il controllo remoto.
- Tutti i modelli sono disponibili sia nella versione solo cupola sia nella versione cupola + abitacolo con ingresso.

- Tra gli accessori sono disponibili:**
- Sistemi di motorizzazione per rotazione cupola e apertura feritoia.
 - Impianti di allarme wireless per sorveglianza remota.
 - Armadi portastrumenti perimetrali.
 - Pannelli solari per alimentazione.

Tutto a prezzi assolutamente competitivi. Montaggio e trasporto su richiesta. Per maggiori informazioni: tel. 011500213

**www.caelum.it
info@caelum.it**

**vastissima gamma di
telescopi, accessori e
ora anche cupole**

**ampio assortimento di
materiale d'occasione**

pagamenti agevolati

**vendita anche per
corrispondenza**

contattaci!

NortheK

Instruments - Composites - Optics

Cassegrain Classico 250 mm f/15



Il rapporto focale f/15 e l'ampio campo corretto, più ampio di quello del Dall Kirkham, consentono un vasto e proficuo impiego sia in uso visuale sia fotografico di questo telescopio, che rappresenta il punto di arrivo per l'astroimager esigente.

Il Cassegrain Classico NortheK 250 è un telescopio di alta qualità costruttiva, fatto per durare e per essere impiegato su montature con portata fotografica fino a 25 kg. Il rapporto focale nativo del primario (f/3) consente di mantenere l'intubazione corta e leggera.

Nel nostro sito troverete le schede tecniche e informazioni tecniche più specifiche.



Saturno fotografato da Andrea Maniero
con Cassegrain Classico 250 mm f/15

www.northeK.it

info@northeK.it

 **01599521**

